



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ЗАЯВКА НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

(21)(22) Заявка: 2016104423, 10.01.2013

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:

10.01.2012 US 61/584,993;

26.09.2012 US 61/706,074;

15.10.2012 US 61/713,719

(62) Номер и дата подачи первоначальной заявки,
из которой данная заявка выделена:
2014131946 01.08.2014(43) Дата публикации заявки: 22.11.2018 Бюл. №
33

Адрес для переписки:

190000, Санкт-Петербург, ВОХ 1125,
"ПАТЕНТИКА"

(71) Заявитель(и):

ОРБИТ ТЕКНОЛОДЖИС ИНК. (СА)

(72) Автор(ы):

БОДРО Ришар (СА),**ФУРНЬЕР Жоэль (СА),****ПРИМО Дэнис (СА),****ЛАБРЕК-ГИЛБЕРТ Мари-Максим (СА)****(54) СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ КРАСНОГО ШЛАМА****(57) Формула изобретения**

1. Способ обработки красного шлама, включающий:

выщелачивание красного шлама с использованием соляной кислоты (HCl) с получением продукта выщелачивания, содержащего ионы алюминия и ионы железа и твердое вещество, и выделение указанного твердого вещества из указанного продукта выщелачивания;

приведение во взаимодействие указанного продукта выщелачивания с HCl с получением, жидкости, содержащей указанные ионы железа, и осадка, содержащего указанные ионы алюминия в виде $AlCl_3$, и отделение указанного осадка от указанной жидкости;

нагревание указанного осадка с получением Al_2O_3 , и выделение получаемой газообразной HCl; и

повторное использование полученной таким образом газообразной HCl путем приведения ее в контакт с водой с получением таким образом композиции, имеющей концентрацию от 25 до 45 масс. % и использование указанной композиции для выщелачивания указанного красного шлама.

2. Способ обработки красного шлама, включающий:

по меньшей мере частичное удаление ионов железа из указанного красного шлама путем приведения указанного красного шлама во взаимодействие с кислотой с получением pH более 10 и по меньшей мере частичного удаления ионов железа из указанного красного шлама;

выщелачивание указанного красного шлама с использованием соляной кислоты

(HCl) с получением продукта выщелачивания, содержащего ионы алюминия и ионы железа и твердое вещество, и выделение указанного твердого вещества из указанного продукта выщелачивания;

приведение во взаимодействие указанного продукта выщелачивания с HCl с получением жидкости, содержащей указанные ионы железа, и осадка, содержащего указанные ионы алюминия в виде $AlCl_3$, и отделение указанного осадка от указанной жидкости; и

нагревание указанного осадка с получением Al_2O_3 , и необязательно выделение получаемой газообразной HCl.

3. Способ обработки красного шлама, включающий:

выщелачивание красного шлама с использованием соляной кислоты (HCl) с получением продукта выщелачивания, содержащего ионы алюминия и ионы железа и твердое вещество, и выделение указанного твердого вещества из указанного продукта выщелачивания;

приведения во взаимодействие указанного продукта выщелачивания с HCl с получением жидкости, содержащей указанные ионы железа, и осадка, содержащего ионы алюминия в виде $AlCl_3 \cdot 6H_2O$, и отделение указанного осадка от указанной жидкости;

превращение $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ в Al_2O_3 путем проведения прокаливания $AlCl_3 \cdot 6H_2O$, где прокаливание включает впрыскивание пара и необязательно выделение получаемой газообразной HCl.

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что указанный красный шлам выщелачивают с использованием HCl, имеющей концентрацию от 25 до 45 масс. %.

5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что указанный красный шлам выщелачивают с использованием HCl, имеющей концентрацию от 25 до 45 масс. %, под давлением от 50 до 150 psig.

6. Способ по п. 1, отличающийся тем, что указанный красный шлам выщелачивают с использованием HCl, имеющей концентрацию от 25 до 45 масс. %, при температуре от 160 до 190°C.

7. Способ по п. 1, отличающийся тем, что указанный красный шлам выщелачивают с использованием HCl, имеющей концентрацию от 18 до 45 масс. %.

8. Способ по п. 1, отличающийся тем, что указанный красный шлам выщелачивают с использованием HCl, имеющей концентрацию от 18 до 45 масс. %, при температуре от 125 до 225°C.

9. Способ по п. 1, отличающийся тем, что указанный красный шлам выщелачивают с использованием HCl, имеющей концентрацию от 18 до 45 масс. %, при температуре от 160 до 190°C.

10. Способ по п. 1, отличающийся тем, что указанный красный шлам выщелачивают с использованием HCl, имеющей концентрацию от 18 до 45 масс. %, при температуре от 160 до 175°C.

11. Способ по п. 1, отличающийся тем, что указанный красный шлам выщелачивают с использованием HCl, имеющей концентрацию от 18 до 45 масс. %, при температуре от 185 до 190°C.

12. Способ по п. 1, отличающийся тем, что указанный красный шлам выщелачивают с использованием HCl, имеющей концентрацию от 18 до 32 масс. %, при температуре от 125 до 225°C.

13. Способ по п. 1, отличающийся тем, что указанный красный шлам выщелачивают с использованием HCl, имеющей концентрацию от 18 до 32 масс. %, при температуре от 160 до 190°C.

14. Способ по п. 1, отличающийся тем, что указанный красный шлам выщелачивают с использованием HCl, имеющей концентрацию от 18 до 32 масс. %, при температуре от 160 до 175°C.
15. Способ по п. 1, отличающийся тем, что указанный красный шлам выщелачивают с использованием HCl, имеющей концентрацию от 18 до 32 масс. %, при температуре от 185 до 190°C.
16. Способ по п. 1, отличающийся тем, что красный шлам выщелачивают с использованием HCl, имеющей концентрацию от 4М до 8М, при температуре от 140 до 165°C.
17. Способ по п. 1, отличающийся тем, что красный шлам выщелачивают с использованием HCl, имеющей концентрацию 6М, при температуре от 140 до 165°C под давлением от 60 до 90 psig.
18. Способ по любому из пп. 1-17, отличающийся тем, что он включает повторное использование полученной газообразной HCl путем приведения ее в контакт с водой с получением композиции, имеющей концентрацию от 26 до 42 масс. %, и использование указанной композиции для выщелачивания указанного красного шлама.
19. Способ по п. 18, отличающийся тем, что указанную используемую повторно газообразную HCl приводят в контакт с водой с получением указанной композиции, имеющей концентрацию от 26 до 42 масс. %, а указанную композицию подвергают взаимодействию с указанным красным шламом при температуре от 125 до 225°C для выщелачивания указанного красного шлама.
20. Способ по п. 18, отличающийся тем, что указанную используемую повторно газообразную HCl приводят в контакт с водой с получением указанной композиции, имеющей концентрацию от 28 до 40 масс. %, а указанную композицию подвергают взаимодействию с указанным красным шламом при температуре от 150 до 200°C для выщелачивания указанного красного шлама.
21. Способ по п. 18, отличающийся тем, что указанную используемую повторно газообразную HCl приводят в контакт с водой с получением указанной композиции, имеющей концентрацию от 30 до 38 масс. %, а указанную композицию подвергают взаимодействию с указанным красным шламом при температуре от 150 до 200°C для выщелачивания указанного красного шлама.
22. Способ по п. 2, отличающийся тем, что он дополнительно включает повторное использование полученной газообразной HCl путем приведения ее в контакт с водой с получением композиции, имеющей концентрацию от 18 до 36 масс. %.
23. Способ по п. 2, отличающийся тем, что он дополнительно включает повторное использование полученной газообразной HCl путем приведения ее в контакт с водой с получением композиции, имеющей концентрацию от 25 до 36 масс. %.
24. Способ по п. 21, отличающийся тем, что указанную композицию подвергают взаимодействию с указанным красным шламом при температуре от 160 до 180°C для выщелачивания указанного красного шлама.
25. Способ по п. 21, отличающийся тем, что указанную композицию подвергают взаимодействию с указанным красным шламом при температуре от 160 до 175°C для выщелачивания указанного красного шлама.
26. Способ по п. 21, отличающийся тем, что указанную композицию подвергают взаимодействию с указанным красным шламом при температуре от 165 до 170°C для выщелачивания указанного красного шлама.
27. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, отличающийся тем, что указанная жидкость содержит по меньшей мере один хлорид железа.
28. Способ по п. 27, отличающийся тем, что указанный по меньшей мере один хлорид железа представляет собой FeCl₂, FeCl₃ или их смесь.

29. Способ по п. 27, отличающийся тем, что указанную жидкость концентрируют с получением концентрированной жидкости, имеющей концентрацию указанного по меньшей мере одного хлорида железа, составляющую по меньшей мере 30% по массе; а затем гидролизуют при температуре от 155 до 350°C.

30. Способ по п. 27, отличающийся тем, что указанную жидкость концентрируют с получением концентрированной жидкости, имеющей концентрацию указанного по меньшей мере одного хлорида железа, составляющую по меньшей мере 30% по массе; а затем указанный по меньшей мере один хлорид железа гидролизуют при температуре от 155 до 350°C, поддерживая концентрацию хлорида железа (III) на уровне по меньшей мере 65% по массе, для получения композиции, содержащей жидкость и осажденный гематит, и выделения указанного гематита.

31. Способ по п. 27, отличающийся тем, что указанный по меньшей мере один хлорид железа гидролизуют при температуре от 165 до 170°C.

32. Способ по п. 27, отличающийся тем, что указанную жидкость концентрируют с получением концентрированной жидкости, имеющей концентрацию указанного по меньшей мере одного хлорида железа, составляющую по меньшей мере 30% по массе; а затем указанный по меньшей мере один хлорид железа гидролизуют при температуре от 155 до 350°C, поддерживая концентрацию хлорида железа (III) на уровне по меньшей мере 65% по массе, для получения композиции, содержащей жидкость и осажденный гематит, выделения указанного гематита; и выделения редкоземельных элементов и/или редких металлов из указанной жидкости.

33. Способ по п. 32, отличающийся тем, что указанный по меньшей мере один хлорид железа гидролизуют при температуре от 155 до 170°C.

34. Способ по п. 32 или 33, дополнительно включающий после выделения указанных редкоземельных элементов и/или указанных редких металлов взаимодействие указанной жидкости с HCl для осаждения $MgCl_2$ и его выделение.

35. Способ по п. 34, дополнительно включающий прокаливание $MgCl_2$ с получением MgO.

36. Способ по п. 34, дополнительно включающий прокаливание $MgCl_2$ с получением MgO и повторное использование полученной газообразной HCl путем приведения ее в контакт с водой с получением композиции, имеющей концентрацию от 25 до 45 масс. %, и использование указанной композиции для выщелачивания указанного красного шлама.

37. Способ по п. 34, дополнительно включающий прокаливание $MgCl_2$ с получением MgO и повторное использование полученной газообразной HCl путем приведения ее в контакт с водой с получением композиции, имеющей концентрацию от 18 до 45 масс. %, и использование указанной композиции для выщелачивания указанного красного шлама.

38. Способ по любому из пп. 32-33, 35-37, дополнительно включающий после выделения указанных редкоземельных элементов и/или редких металлов выделение NaCl из указанной жидкости, взаимодействие указанного NaCl с H_2SO_4 и селективное осаждение Na_2SO_4 .

39. Способ по любому из пп. 32-33, 35-37, дополнительно включающий после выделения указанных редкоземельных элементов и/или редких металлов выделение KCl из указанной жидкости, взаимодействие указанного KCl с H_2SO_4 и селективное осаждение K_2SO_4 .

40. Способ по любому из пп. 32-33, 35-37, дополнительно включающий после выделения указанных редкоземельных элементов и/или редких металлов выделение

NaCl из указанной жидкости, проведение электролиза с получением NaOH и NaOCl.

41. Способ по любому из пп. 32-33, 35-37, дополнительно включающий после выделения указанных редкоземельных элементов и/или редких металлов выделение KCl из указанной жидкости, взаимодействие с применением указанного KCl, проведение электролиза для получения KOH и KOCl.

42. Способ по п. 27, отличающийся тем, что указанную жидкость концентрируют с получением концентрированной жидкости, имеющей концентрацию указанного по меньшей мере одного хлорида железа, составляющую по меньшей мере 30% по массе; а затем указанный по меньшей мере один хлорид железа гидролизуют при температуре от 155 до 350°C, поддерживая концентрацию хлорида железа (III) на уровне по меньшей мере 65% по массе, с получением композиции, содержащей жидкость и осажженный гематит; выделения указанного гематита; и экстракции NaCl и/или KCl из указанной жидкости.

43. Способ по п. 42, дополнительно включающий взаимодействие указанного NaCl с H₂SO₄ для селективного осаждения Na₂SO₄.

44. Способ по п. 42, дополнительно включающий взаимодействие указанного KCl с H₂SO₄ для селективного осаждения K₂SO₄.

45. Способ по п. 42, дополнительно включающий проведение электролиза указанного NaCl с получением NaOH и NaOCl.

46. Способ по п. 42, дополнительно включающий проведение электролиза указанного KCl с получением KOH и KOCl.

47. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, отличающийся тем, что указанный способ включает выделение указанного твердого вещества из указанного продукта выщелачивания и промывку указанного твердого вещества с получением оксида кремния, имеющего чистоту по меньшей мере 95%.

48. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, отличающийся тем, что он включает выделение указанного твердого вещества из указанного продукта выщелачивания и промывку указанного твердого вещества для получения оксида кремния, имеющего чистоту по меньшей мере 98%.

49. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, отличающийся тем, что он включает выделение указанного твердого вещества из указанного продукта выщелачивания и промывку указанного твердого вещества с получением оксида кремния, имеющего чистоту по меньшей мере 99%.

50. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, отличающийся тем, что он включает взаимодействие указанного продукта выщелачивания с газообразной HCl с получением указанной жидкости и указанного осадка, содержащего указанные ионы алюминия, причем указанный осадок получен путем кристаллизации AlCl₃·6H₂O.

51. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, отличающийся тем, что он включает взаимодействие указанного продукта выщелачивания с сухой газообразной HCl для получения указанной жидкости и указанного осадка, содержащего указанные ионы алюминия, где указанный осадок получен путем кристаллизации AlCl₃·6H₂O.

52. Способ по п. 50, отличающийся тем, что указанная газообразная HCl имеет концентрацию HCl по меньшей мере 85% по массе.

53. Способ по п. 50, отличающийся тем, что указанная газообразная HCl имеет концентрацию HCl по меньшей мере 90% по массе.

54. Способ по п. 50, отличающийся тем, что указанная газообразная HCl имеет концентрацию HCl 90% по массе.

55. Способ по п. 50, отличающийся тем, что указанная газообразная HCl имеет концентрацию от 90% до 95% по массе.

56. Способ по п. 50, отличающийся тем, что во время указанной кристаллизации $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ в указанной жидкости поддерживают концентрацию HCl от 25 до 35% по массе.

57. Способ по п. 50, отличающийся тем, что во время указанной кристаллизации $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ в указанной жидкости поддерживают концентрацию HCl от 30 до 32% по массе.

58. Способ по п. 50, отличающийся тем, что указанную HCl получают из указанной полученной газообразной HCl.

59. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, отличающийся тем, что указанный способ включает взаимодействие указанного продукта выщелачивания с HCl, выделенной во время указанного способа, имеющей концентрацию, составляющую по меньшей мере 30%, с получением указанной жидкости и указанного осадка, содержащего указанные ионы алюминия, где указанный осадок получен путем кристаллизации $AlCl_3 \cdot 6H_2O$.

60. Способ п.50, отличающийся тем, что указанную кристаллизацию проводят при температуре от 45 до 65°C.

61. Способ по п. 50, отличающийся тем, что указанную кристаллизацию проводят при температуре от 50 до 60°C.

62. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60-61, отличающийся тем, что он включает превращение $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ в Al_2O_3 путем проведения прокаливания $AlCl_3 \cdot 6H_2O$.

63. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60-61, отличающийся тем, что он включает нагревание указанного осадка при температуре по меньшей мере 1200°C для превращения $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ в Al_2O_3 .

64. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60-61, отличающийся тем, что он включает нагревание указанного осадка при температуре по меньшей мере 1250°C для превращения $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ в Al_2O_3 .

65. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60-61, отличающийся тем, что он включает нагревание указанного осадка при температуре по меньшей мере 900°C для превращения $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ в Al_2O_3 .

66. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60-61, отличающийся тем, что он включает превращение $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ в альфа- Al_2O_3 .

67. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60-61, отличающийся тем, что он включает нагревание указанного осадка при температуре по меньшей мере 350°C для превращения $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ в Al_2O_3 .

68. Способ по любому из п.п. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60-61, отличающийся тем, что он включает нагревание указанного осадка при температуре от 350°C до 500°C для превращения $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ в Al_2O_3 .

69. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60-61, отличающийся тем, что он включает нагревание указанного осадка при температуре от 375°C до 450°C для превращения $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ в Al_2O_3 .

70. Способ по любому из п.п. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60-61, отличающийся тем, что он включает нагревание указанного осадка при температуре от 375°C до 425°C для превращения $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ в Al_2O_3 .

71. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60-61,

отличающийся тем, что он включает нагревание указанного осадка при температуре от 385°C до 400°C для превращения $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в Al_2O_3 .

72. Способ по п. 68, отличающийся тем, что он включает превращение $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в бета- Al_2O_3 .

73. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60, 72, отличающийся тем, что превращение $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в Al_2O_3 включает проведение прокаливания в двухступенчатом реакторе с циркулирующим псевдоожиженным слоем.

74. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60, 72, отличающийся тем, что превращение $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в Al_2O_3 включает проведение прокаливания в двухступенчатом реакторе с циркулирующим псевдоожиженным слоем, содержащем систему предварительного нагревания.

75. Способ по п. 74, отличающийся тем, что указанная система предварительного нагревания содержит плазменную горелку.

76. Способ по п. 75, отличающийся тем, что указанную плазменную горелку используют для предварительного нагревания воздуха, поступающего в реактор прокаливания.

77. Способ по п. 75, отличающийся тем, что указанную плазменную горелку используют для получения пара, впрыскиваемого в реактор прокаливания.

78. Способ по п. 75, отличающийся тем, что указанную плазменную горелку используют для получения пара, применяемого в качестве псевдоожиженной среды в реакторе с псевдоожиженным слоем.

79. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60, 72, 75-78, отличающийся тем, что превращение $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в Al_2O_3 включает проведение одностадийного прокаливания.

80. Способ по любому из пп. 1, 2 и 4-17, отличающийся тем, что он включает превращение $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в Al_2O_3 путем прокаливания $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, причем указанное прокаливание включает впрыскивание пара.

81. Способ по п. 3, отличающийся тем, что пар впрыскивают под давлением от 200 до 700 psig.

82. Способ по п. 3, отличающийся тем, что пар впрыскивают под давлением от 300 до 700 psig.

83. Способ по п. 3, отличающийся тем, что пар впрыскивают под давлением от 400 до 700 psig.

84. Способ по п. 3, отличающийся тем, что пар впрыскивают под давлением от 550 до 650 psig.

85. Способ по п. 80, отличающийся тем, что пар впрыскивают под давлением от 575 до 625 psig.

86. Способ по п. 3, отличающийся тем, что пар впрыскивают под давлением от 590 до 610 psig.

87. Способ по п. 80, отличающийся тем, что впрыскивают пар, а для ожижения применяют плазменную горелку.

88. Способ по п. 80, отличающийся тем, что пар впрыскивают под давлением от 590 до 610 psig, а для ожижения применяют плазменную горелку.

89. Способ по п. 3, отличающийся тем, что указанный пар является перегретым.

90. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60, 72, 75-78, 81-89, отличающийся тем, что он включает превращение $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в Al_2O_3 путем проведения прокаливания $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, обеспечиваемого сгоранием ископаемого топлива, монооксида углерода, пропана, природного газа, топливного газа собственной

выработки, угля или хлорированных газов и/или растворителей.

91. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60, 72, 75-78, 81-89, отличающийся тем, что он включает превращение $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в Al_2O_3 путем проведения прокаливания $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, обеспечиваемого сгоранием газовой смеси, представляющей собой подаваемый газ, полученный на металлургическом заводе, или отходящие газы установки восстановления.

92. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60, 72, 75-78, 81-89, отличающийся тем, что он включает превращение $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в Al_2O_3 путем проведения прокаливания $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, обеспечиваемого сгоранием газовой смеси, содержащей:

CH_4 : от 0 до 1 об. %;

C_2H_6 : от 0 до 2 об. %;

C_3H_8 : от 0 до 2 об. %;

C_4H_{10} : от 0 до 1 об. %;

N_2 : от 0 до 0,5 об. %;

H_2 : от 0,25 до 15,1 об. %;

CO : от 70 до 82,5 об. %; и

CO_2 : от 1,0 до 3,5 об. %.

93. Способ по п. 92, отличающийся тем, что O_2 отсутствует в указанной смеси.

94. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60, 72, 75-78, 81-89, отличающийся тем, что он включает превращение $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в Al_2O_3 путем проведения прокаливания $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, обеспечиваемого путем электрического нагревания, газового нагревания или микроволнового нагревания.

95. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60, 72, 75-78, 81-89, 93, отличающийся тем, что превращение $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в Al_2O_3 включает проведение прокаливания с использованием реактора с псевдоожиженным слоем.

96. Способ по п. 95, отличающийся тем, что реактор с псевдоожиженным слоем содержит металлический катализатор, выбранный из хлоридов металлов.

97. Способ по п. 95, отличающийся тем, что реактор с псевдоожиженным слоем содержит FeCl_3 , FeCl_2 или их смесь.

98. Способ по п. 95, отличающийся тем, что реактор с псевдоожиженным слоем содержит FeCl_3 .

99. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60, 72, 75-78, 81-89, 93, 96-98, отличающийся тем, что он является полунепрерывным.

100. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60, 72, 75-78, 81-89, 93, 96-98, отличающийся тем, что он является непрерывным.

101. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60, 72, 75-78, 81-89, 93, 96-98, отличающийся тем, что он является эффективным для обеспечения выхода Al_2O_3 после выделения, составляющего по меньшей мере 93%.

102. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60, 72, 75-78, 81-89, 93, 96-98, отличающийся тем, что он является эффективным для обеспечения выхода Al_2O_3 после выделения, составляющего от 90% до 95%.

103. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60, 72, 75-78, 81-89, 93, 96-98, отличающийся тем, что он является эффективным для обеспечения выхода Fe_2O_3 после выделения, составляющего по меньшей мере 98%.

104. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60, 72, 75-

78, 81-89, 93, 96-98, отличающийся тем, что он является эффективным для обеспечения выхода Fe_2O_3 после выделения, составляющего от 98% до 99,5%.

105. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60, 72, 75-78, 81-89, 93, 96-98, отличающийся тем, что он является эффективным для обеспечения выхода MgO после выделения, составляющего по меньшей мере 96%.

106. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60, 72, 75-78, 81-89, 93, 96-98, отличающийся тем, что он является эффективным для обеспечения выхода MgO после выделения, составляющего от 96 до 98%.

107. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60, 72, 75-78, 81-89, 93, 96-98, отличающийся тем, что он является эффективным для обеспечения выхода HCl после выделения, составляющего по меньшей мере 98%.

108. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60, 72, 75-78, 81-89, 93, 96-98, отличающийся тем, что он является эффективным для обеспечения выхода HCl после выделения, составляющего по меньшей мере 99%.

109. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60, 72, 75-78, 81-89, 93, 96-98, отличающийся тем, что он является эффективным для обеспечения выхода HCl после выделения, составляющего от 98 до 99,9%.

110. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60, 72, 75-78, 81-89, 93, 96-98, отличающийся тем, что указанный красный шлам выщелачивают под давлением от 4 до 10 бар изб.

111. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60, 72, 75-78, 81-89, 93, 96-98, отличающийся тем, что указанный красный шлам выщелачивают под давлением от 4 до 8 бар изб.

112. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60, 72, 75-78, 81-89, 93, 96-98, отличающийся тем, что указанный красный шлам выщелачивают под давлением от 5 до 6 бар изб.

113. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60, 72, 75-78, 81-89, 93, 96-98, дополнительно включающий перед выщелачиванием указанного красного шлама удаление фтора, возможно содержащегося в указанном красном шламе, перед проведением выщелачивания.

114. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60, 72, 75-78, 81-89, 93, 96-98, включающий выщелачивание указанного красного шлама с использованием HCl с получением указанного продукта выщелачивания, содержащего ионы алюминия и указанное твердое вещество, выделение указанного твердого вещества из указанного продукта выщелачивания; и дополнительную обработку указанного твердого вещества для отделения Si от Ti , содержащихся в указанном твердом веществе.

115. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60, 72, 75-78, 81-89, 93, 96-98, включающий выщелачивание указанного красного шлама с использованием HCl с получением указанного продукта выщелачивания, содержащего ионы алюминия и указанное твердое вещество, выделение указанного твердого вещества из указанного продукта выщелачивания; и дополнительную обработку указанного твердого вещества с использованием HCl для отделения Si от Ti , содержащихся в указанном твердом веществе.

116. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60, 72, 75-78, 81-89, 93, 96-98, включающий выщелачивание указанного красного шлама с использованием HCl с получением указанного продукта выщелачивания, содержащего ионы алюминия и указанное твердое вещество, выделение указанного твердого вещества из указанного продукта выщелачивания; и дополнительную обработку указанного твердого вещества с использованием HCl в присутствии хлорида для отделения Si от Ti , содержащихся в указанном твердом веществе.

117. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60, 72, 75-78, 81-89, 93, 96-98, включающий выщелачивание указанного красного шлама с использованием HCl с получением указанного продукта выщелачивания, содержащего ионы алюминия и указанное твердое вещество, выделение указанного твердого вещества из указанного продукта выщелачивания; и дополнительную обработку указанного твердого вещества с использованием HCl с концентрацией менее 20% по массе при температуре менее 85°C в присутствии хлорида для отделения Si от Ti, содержащихся в указанном твердом веществе.

118. Способ по п. 116, отличающийся тем, что указанное твердое вещество обрабатывают HCl и указанным хлоридом с получением жидкой фракции, содержащей Ti, и твердой фракции, содержащей Si, причем указанную жидкую фракцию отделяют от указанной твердой фракции.

119. Способ по п. 118, отличающийся тем, что указанное твердое вещество обрабатывают HCl и указанным хлоридом с получением жидкой фракции, содержащей $TiCl_4$.

120. Способ по п. 119, отличающийся тем, что указанный способ дополнительно включает превращение $TiCl_4$ в TiO_2 .

121. Способ по п. 120, отличающийся тем, что $TiCl_4$ превращают в TiO_2 путем экстракции растворителем третьей жидкой фракции и последующего получения диоксида титана из указанного экстракта.

122. Способ по п. 120, отличающийся тем, что $TiCl_4$ подвергают взаимодействию с водой и/или основанием для осаждения TiO_2 .

123. Способ по п. 120, отличающийся тем, что $TiCl_4$ превращают в TiO_2 путем пирогидролиза, при этом получают HCl.

124. Способ по п. 120, отличающийся тем, что $TiCl_4$ превращают в TiO_2 путем пирогидролиза, при этом получают HCl, которую используют повторно.

125. Способ по п. 116, отличающийся тем, что указанный хлорид представляет собой $MgCl_2$.

126. Способ по п. 114, отличающийся тем, что указанное твердое вещество содержит TiO_2 и SiO_2 , и указанное твердое вещество обрабатывают Cl_2 и углеродом для получения жидкой фракции и твердой фракции, где указанную твердую фракцию и указанную жидкую фракцию отделяют друг от друга.

127. Способ по п. 126, отличающийся тем, что указанная жидкая фракция содержит $TiCl_2$ и/или $TiCl_4$.

128. Способ по п. 126, отличающийся тем, что указанная жидкая фракция содержит $TiCl_4$.

129. Способ по п. 128, дополнительно включающий нагревание $TiCl_4$ для превращения его в TiO_2 .

130. Способ по п. 116, отличающийся тем, что полученный TiO_2 очищают с использованием плазменной горелки.

131. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60, 72, 75-78, 81-89, 93, 96-98, 118-130, отличающийся тем, что он является эффективным для предотвращения получения красного шлама.

132. Способ по любому из пп. 1-17, 19-21, 24-26, 28-33, 35-37, 42-46, 52-58, 60, 72, 75-78, 81-89, 93, 96-98, 118-130, отличающийся тем, что выделенную HCl очищают и/или концентрируют.

133. Способ по п. 132, отличающийся тем, что выделенную HCl очищают при помощи

мембранной перегонки.

134. Способ по п. 132, отличающийся тем, что выделенная HCl представляет собой газообразную HCl, и ее обрабатывают H₂SO₄ для уменьшения количества воды, содержащейся в газообразной HCl.

135. Способ по п. 134, отличающийся тем, что выделенная HCl представляет собой газообразную HCl, и ее пропускают через наполненную колонну для приведения в контакт со встречным потоком H₂SO₄ для уменьшения количества воды, содержащейся в газообразной HCl.

136. Способ по п. 135, отличающийся тем, что колонна наполнена полипропиленом или политриметилентерефталатом.

137. Способ по п. 132, отличающийся тем, что концентрацию газообразной HCl увеличивают по меньшей мере на 50%.

138. Способ по п. 132, отличающийся тем, что концентрацию газообразной HCl увеличивают по меньшей мере на 60%.

139. Способ по п. 132, отличающийся тем, что концентрацию газообразной HCl увеличивают по меньшей мере на 70%.

140. Способ по п. 132, отличающийся тем, что выделенная HCl представляет собой газообразную HCl, и ее обрабатывают CaCl₂ для уменьшения количества воды, содержащейся в газообразной HCl.

141. Способ по п. 140, отличающийся тем, что выделенная HCl представляет собой газообразную HCl, и ее пропускают через колонну, наполненную CaCl₂, для уменьшения количества воды, содержащейся в газообразной HCl.

142. Способ по п. 132, отличающийся тем, что концентрацию газообразной HCl увеличивают от значения ниже азеотропной концентрации перед обработкой до значения выше азеотропной концентрации после обработки.

143. Способ по любому из пп. 1-17 дополнительно включающий превращение указанного Al₂O₃ в алюминий.

144. Способ по п. 143, отличающийся тем, что указанное превращение Al₂O₃ в алюминий проводят при помощи процесса Холла-Эру.

145. Способ по п. 143, отличающийся тем, что указанную конверсию Al₂O₃ в алюминий проводят с использованием восстановительной среды и углерода при температуре ниже 200°C.

146. Способ по п. 143, отличающийся тем, что указанную конверсию Al₂O₃ в алюминий проводят при помощи процесса Велера.

147. Способ по п. 143, отличающийся тем, что указанную конверсию Al₂O₃ в алюминий проводят путем превращения Al₂O₃ в Al₂S₃ и последующего превращения Al₂S₃ в алюминий.

148. Способ обработки красного шлама, включающий:

выщелачивание указанного красного шлама, содержащего первый металл, с использованием HCl с получением продукта выщелачивания, содержащего ионы указанного первого металла и твердое вещество, и выделение твердого вещества из продукта выщелачивания;

взаимодействие продукта выщелачивания с HCl с получением жидкости и осадка, содержащего хлорид первого металла, и отделение осадка от жидкости;

нагревание осадка в условиях, эффективных для превращения хлорида первого металла в оксид первого металла и выделение получаемой газообразной HCl; и

повторное использование полученной таким образом газообразной HCl путем приведения ее в контакт с водой с получением таким образом композиции, имеющей

концентрацию от 25 до 45 масс. % и использование указанной композиции для выщелачивания указанного красного шлама.

149. Способ по п. 148, отличающийся тем, что жидкость содержит второй металл.

150. Способ по п. 149, отличающийся тем, что второй металл выбран из алюминия, железа, цинка, меди, золота, серебра, молибдена, кобальта, магния, лития, марганца, никеля, палладия, платины, тория, фосфора, урана, титана и их смесей и/или по меньшей мере одного редкоземельного элемента и/или по меньшей мере одного редкого металла.

151. Способ по п. 149, отличающийся тем, что второй металл представляет собой железо.

152. Способ по любому из пп. 148-151, отличающийся тем, что он включает отделение осадка от жидкости и нагревание второго металла для превращения хлорида второго металла в оксид второго металла.

153. Способ по любому из пп. 148-151, отличающийся тем, что он включает: отделение твердого вещества от продукта выщелачивания; выщелачивание указанного твердого вещества с использованием кислоты с получением другого продукта выщелачивания; и выделение третьего металла из указанного другого продукта выщелачивания.

154. Способ по п. 153, отличающийся тем, что третий металл выбран из алюминия, железа, цинка, меди, золота, серебра, молибдена, кобальта, магния, лития, марганца, никеля, палладия, платины, тория, фосфора, урана и титана и/или по меньшей мере одного редкоземельного элемента и/или по меньшей мере одного редкого металла.

155. Способ по п. 153, отличающийся тем, что третий металл представляет собой титан.

156. Способ по любому из пп. 148-151, 154-155, отличающийся тем, что указанный первый металл выбран из алюминия, железа, цинка, меди, золота, серебра, молибдена, кобальта, магния, лития, марганца, никеля, палладия, платины, тория, фосфора, урана и титана и/или по меньшей мере одного редкоземельного элемента и/или по меньшей мере одного редкого металла.

157. Способ обработки красного шлама, включающий: обработку красного шлама с использованием кислоты с получением жидкой композиции и твердого остатка и отделение указанной жидкой композиции от указанного твердого остатка;

по меньшей мере частичное удаление ионов железа из указанной жидкой композиции путем селективного осаждения указанных ионов железа при pH более 10 и по меньшей мере частичного удаления указанных осажденных ионов железа из указанного продукта выщелачивания с получением тем самым композиции, обогащенной Al, содержащей ионы Al^{3+} ;

осаждение указанных ионов Al^{3+} в виде $Al(OH)_3$ при pH от 7 до 10;

необязательно очистку указанных ионов Al^{3+} ; и

превращение указанных ионов Al^{3+} в оксид алюминия.

158. Способ по п. 157, отличающийся тем, что указанная кислота представляет собой HCl.

159. Способ по п. 158, отличающийся тем, что указанное выщелачивание проводят при температуре от 125 до 225°C.

160. Способ по п. 159, отличающийся тем, что указанное выщелачивание проводят под давлением от 50 до 150 psig.

161. Способ по п. 157, отличающийся тем, что указанное значение pH составляет от 9 до 10.

162. Способ по п. 157, отличающийся тем, что указанное значение pH составляет от

9,2 до 9,8.

163. Способ по п. 157, отличающийся тем, что указанное значение рН составляет от 9,3 до 9,7.

164. Способ по п. 157, отличающийся тем, что указанное значение рН составляет 9,5.

165. Способ по п. 157, отличающийся тем, что указанное значение рН составляет от 7,5 до 8,5.

166. Способ по п. 157, отличающийся тем, что указанное значение рН составляет от 7,8 до 8,2.

167. Способ по п. 157, отличающийся тем, что указанное значение рН составляет 8.

168. Способ по любому из пп. 157-167, отличающийся тем, что указанные ионы железа осаждают при рН более 11.

169. Способ по любому из пп. 157-167, отличающийся тем, что указанные ионы железа осаждают при рН более 12.

170. Способ по любому из пп. 157-167, отличающийся тем, что указанные ионы железа осаждают при рН от 10 до 11.

171. Способ по любому из пп. 157-167, отличающийся тем, что указанные ионы железа осаждают при рН от 11,5 до 12,5.

172. Способ по любому из пп. 157-167, отличающийся тем, что указанные ионы железа осаждают при рН от 11,8 до 12,0.

173. Способ по любому из пп. 157-167, отличающийся тем, что указанные ионы Al^{3+} очищают.

174. Способ по п. 173, отличающийся тем, что указанный способ включает осаждение ионов Al^{3+} в виде $AlCl_3$ для очистки ионов Al^{3+} .

175. Способ по п. 174, отличающийся тем, что осаждение указанного $AlCl_3$ проводят путем кристаллизации указанного $AlCl_3$ в виде $AlCl_3 \cdot 6H_2O$.

176. Способ по любому из пп. 157-167, 174-175, отличающийся тем, что он включает превращение $AlCl_3$ в Al_2O_3 .

177. Способ по любому из пп. 157-167, 174-175, отличающийся тем, что он включает превращение $AlCl_3$ в Al_2O_3 в атмосфере инертного газа.

178. Способ по любому из пп. 157-167, 174-175, отличающийся тем, что он включает превращение $AlCl_3$ в Al_2O_3 в атмосфере азота.