

Винахід належить до криогенної техніки, зокрема, до методів очищення і розділення ректифікацією концентрату важких цільових компонентів з отриманням цільових компонентів концентрату і ізотопів легких газів, і може бути використаний у хімічній, нафтохімічній, ядерній промисловості, а також у медицині.

Відомо спосіб очищення і розділення концентрату важких цільових компонентів з отриманням цільових компонентів концентрату і ізотопів легких газів, який включає подачу і розділення потоку концентрату важких цільових компонентів у попередній ректифікаційній колоні з утворенням потоку фракції низькокиплячого цільового компонента і потоку фракції висококиплячого цільового компонента, подачу і розділення потоку фракції низькокиплячого цільового компонента в додатковій колоні низькокиплячого цільового компонента з утворенням потоку очищеної фракції низькокиплячого цільового компонента і потоку проміжних домішок, подачу і розділення потоку очищеної фракції низькокиплячого цільового компонента в продукційній колоні низькокиплячого цільового компонента з утворенням потоку продукційного низькокиплячого цільового компонента і потоку віддувочних газів продукційної колони низькокиплячого цільового компонента, подачу і розділення потоку фракції висококиплячого цільового компонента в додатковій колоні висококиплячого цільового компонента з утворенням потоку очищеної фракції висококиплячого цільового компонента і потоку висококиплячих домішок, подачу і розділення потоку очищеної фракції висококиплячого цільового компонента в продукційній колоні висококиплячого цільового компонента з утворенням потоку продукційного висококиплячого цільового компонента і потоку віддувочних газів продукційної колони висококиплячого цільового компонента, подачу і розділення потоку віддувочних газів продукційної колони висококиплячого цільового компонента в колоні виділення низькокиплячого цільового компонента з утворенням потоку низькокиплячих домішок і потоку виділеного низькокиплячого цільового компонента, подачу і розділення потоку виділеного низькокиплячого цільового компонента і потоку віддувочних газів продукційної колони висококиплячого цільового компонента в попередній ректифікаційній колоні [див. патент РФ RU 2213609 Cl, кл. 7B01D53/00].

Недоліками відомого способу є неможливість одержання продукційних важких цільових компонентів із змістом домішок менше $50 \cdot 10^{-9}$ мольних часток, при цьому речовинами, які обмежують чистоту важких цільових компонентів, є ізотопи легких газів, переважно гелію і водню, а продукційні важкі цільові компоненти містять радіоактивні нукліди, що обмежує можливість їх застосування, наприклад, у медичних і побутових цілях, а також низька економічність.

Метою винаходу є збільшення чистоти і безпеки застосування продукційних важких цільових компонентів, а також підвищення економічності за рахунок отримання додаткових продуктів розділення у вигляді ізотопів легких газів.

Поставлена мета досягається тим, що в способі очищення і розділення концентрату важких цільових компонентів з отриманням цільових компонентів концентрату і ізотопів легких газів, який включає подачу і розділення потоку концентрату важких цільових компонентів у попередній ректифікаційній колоні з утворенням потоку фракції низькокиплячого цільового компонента і потоку фракції висококиплячого цільового компонента, подачу і розділення потоку фракції низькокиплячого цільового компонента в додатковій колоні низькокиплячого цільового компонента з утворенням потоку очищеної фракції низькокиплячого цільового компонента і потоку проміжних домішок, подачу і розділення потоку очищеної фракції низькокиплячого цільового компонента в продукційній колоні низькокиплячого цільового компонента з утворенням потоку продукційного низькокиплячого цільового компонента і потоку віддувочних газів продукційної колони низькокиплячого цільового компонента, подачу і розділення потоку фракції висококиплячого цільового компонента в додатковій колоні висококиплячого цільового компонента з утворенням потоку очищеної фракції висококиплячого цільового компонента і потоку висококиплячих домішок, подачу і розділення потоку очищеної фракції висококиплячого цільового компонента в продукційній колоні висококиплячого цільового компонента з утворенням потоку продукційного висококиплячого цільового компонента і потоку віддувочних газів продукційної колони висококиплячого цільового компонента, подачу і розділення потоку віддувочних газів продукційної колони низькокиплячого цільового компонента в колоні виділення низькокиплячого цільового компонента з утворенням потоку низькокиплячих домішок і потоку виділеного низькокиплячого цільового компонента, подачу і розділення потоку виділеного низькокиплячого цільового компонента і потоку віддувочних газів продукційної колони висококиплячого цільового компонента в попередній ректифікаційній колоні, відрізняльною особливістю є те, що потік концентрату важких цільових компонентів і/або потік фракції низькокиплячого цільового компонента і/або потік фракції висококиплячого цільового компонента перед подачею у відповідні колони додатково термостатують, опромінюють іонізуючим випромінюванням з отриманням у потоках ізотопів легких газів і важких нуклідів, очищають потоки в додаткових блоках очищення і/або байпасирують додаткові блоки очищення, концентрують ректифікацією важкі нукліди у потоці висококиплячих домішок і/або потоці проміжних домішок і/або у потоці низькокиплячих домішок, додатково концентрують ректифікацією ізотопи легких газів у потоці віддувочних газів продукційної колони низькокиплячого цільового компонента і/або у потоці віддувочних газів продукційної колони висококиплячого цільового компонента і/або у потоці низькокиплячих домішок з одночасним очищенням ректифікацією потоку продукційного низькокиплячого цільового компонента і потоку продукційного висококиплячого цільового компонента, при цьому із потоку віддувочних газів продукційної колони низькокиплячого цільового компонента і/або потоку віддувочних газів продукційної колони висококиплячого цільового компонента і/або потоку низькокиплячих домішок виділяють ізотопи легких газів ректифікаційним методом і/або адсорбційним методом і/або методом газової дифузії і/або відцентровим методом, причому як висококиплячий цільовий компонент концентрату важких цільових компонентів використовують ксенон, як низькокиплячий цільовий компонент концентрату важких цільових компонентів використовують криптон, при цьому використовують концентрат важких цільових компонентів, що містить один важкий цільовий компонент.

Відомо пристрій для очищення і розділення концентрату важких цільових компонентів з отриманням цільових компонентів концентрату і ізотопів легких газів, який включає лінію потоку концентрату важких цільових компонентів, постачальну попередню ректифікаційну колону, додаткову колону низькокиплячого

цільового компонента з лінією потоку проміжних домішок, сполучену лінією потоку фракції низькокиплячого цільового компонента з попередньою ректифікаційною колоною, додаткову колону висококиплячого цільового компонента з лінією потоку висококиплячих домішок, сполучену лінією потоку фракції висококиплячого цільового компонента з попередньою ректифікаційною колоною, продукційну колону низькокиплячого цільового компонента, сполучену лінією потоку очищеної фракції низькокиплячого цільового компонента з додатковою колоною низькокиплячого цільового компонента, продукційну колону висококиплячого цільового компонента з лінією потоку віддувочних газів продукційної колони висококиплячого цільового компонента, сполучену з додатковою колоною висококиплячого цільового компонента лінією потоку очищеної фракції висококиплячого цільового компонента, колону виділення низькокиплячого цільового компонента з лінією потоку низькокиплячих домішок, сполучену з продукційною колоною низькокиплячого цільового компонента лінією потоку віддувочних газів продукційної колони низькокиплячого цільового компонента [див. патент РФ RU 2213609 Cl, кл. 7B01D53/00].

Недоліками відомого пристрою є неможливість отримання продукційних важких цільових компонентів із змістом домішок менше $50 \cdot 10^{-9}$ мольних часток, при цьому речовинами, що обмежують чистоту важких цільових компонентів, є потоки легких газів, переважно гелію і водню, а продукційні важкі цільові компоненти містять радіоактивні нукліди, що обмежує можливість їх застосування, наприклад, у медичних і побутових цілях, а також низька економічність.

Метою винаходу є збільшення чистоти і безпеки застосування продукційних важких цільових компонентів, а також підвищення економічності за рахунок одержання додаткових продуктів розділення у вигляді ізотопів легких газів.

Поставлена мета досягається тим, що у пристрої для очищення і розділення концентрату важких цільових компонентів з отриманням цільових компонентів концентрату і ізотопів легких газів, що включає лінію потоку концентрату важких цільових компонентів, постачальну попередню ректифікаційну колону, додаткову колону низькокиплячого цільового компонента з лінією потоку проміжних домішок, сполучену лінією потоку фракції низькокиплячого цільового компонента з попередньою ректифікаційною колоною, додаткову колону висококиплячого цільового компонента з лінією потоку висококиплячих домішок, сполучену лінією потоку фракції висококиплячого цільового компонента з попередньою ректифікаційною колоною, продукційну колону низькокиплячого цільового компонента, сполучену лінією потоку очищеної фракції низькокиплячого цільового компонента з додатковою колоною низькокиплячого цільового компонента, продукційну колону висококиплячого цільового компонента з лінією потоку віддувочних газів продукційної колони висококиплячого цільового компонента, сполучену з додатковою колоною висококиплячого цільового компонента лінією потоку очищеної фракції висококиплячого цільового компонента, колону виділення низькокиплячого цільового компонента з лінією потоку низькокиплячих домішок, сполучену з продукційною колоною низькокиплячого цільового компонента лінією потоку віддувочних газів продукційної колони низькокиплячого цільового компонента, відрізняльною особливістю є те, що він додатково споряджений блоком виділення ізотопів легких газів, при цьому на лінії потоку концентрату важких цільових компонентів і/або на лінії потоку фракції низькокиплячого цільового компонента і/або на лінії потоку фракції висококиплячого цільового компонента перед подачею у відповідні колони додатково розміщені теплообмінники, джерела зовнішнього тепла або холоду, камери опромінювання іонізуючим випромінюванням, додаткові блоки очищення з байпасними лініями, причому лінія потоку низькокиплячих домішок і/або лінія потоку віддувочних газів продукційної колони низькокиплячого цільового компонента і/або лінія потоку віддувочних газів продукційної колони висококиплячого цільового компонента через пристрій збирання здувок і додаткову лінію потоку, збагаченого ізотопами легких газів, із встановленим на ній пристроєм підвищення тиску, сполучені з блоком виділення ізотопів легких газів.

Заявлюваний спосіб очищення і розділення концентрату важких цільових компонентів з отриманням цільових компонентів концентрату і ізотопів легких газів може бути реалізований у заявлюваному пристрої, схематично показаному на кресленнях. На Фіг.1 представлена схема заявлюваного пристрою, на Фіг.2 представлена схема блоку 48 виділення ізотопів легких газів, на Фіг.3 представлена схема дослідницького стенда.

Прийняті скорочення:

- НКЦК - низькокиплячий цільовий компонент (наприклад, криптон);
- ВКЦК - висококиплячий цільовий компонент (наприклад, ксеної^Λ);
- колона НКЦК - колона низькокиплячого цільового компонента;
- колона ВКЦК - колона висококиплячого цільового компонента;
- потік КВК - потік концентрату важких компонентів;
- потік фракції НКЦК - потік фракції низькокиплячого цільового компонента;
- потік фракції ВКЦК - потік фракції висококиплячого цільового компонента.

Пристрій (Фіг.1) містить попередню ректифікаційну колону 1, додаткову колону НКЦК 2, продукційну колону НКЦК 3, додаткову колону ВКЦК 4, продукційну колону ВКЦК 5, колону виділення НКЦК 6. Кожна ректифікаційна колона в голові має конденсатори-випарники 7-1÷7-6, а внизу - куби 8-1÷8-6, споряджені електронагрівальними елементами 9-1÷9-6. Куб 8-1, окрім цього, містить випарник 10.

Кожен із конденсаторів-випарників 7-1÷7-6 має замкнуту порожнину 11-1÷11-6, заповнювану робочим тілом, причому верхня частина поверхні замкнутої порожнини має теплову взаємодію з поверхнею 12-1÷12-6 кипіння холодоагента, а нижня частина - з поверхнею 13-1÷13-6 конденсації парів флегми. Всі конденсатори-випарники мають патрубки, сполучені з лініями 14-1÷14-6 підведення рідкого холодоагента і патрубки, сполучені з лініями 15-1÷15-6 відведення парів холодоагента. Замкнуті порожнини конденсаторів-випарників мають патрубки, сполучені з лініями 16-1÷16-6 подачі робочого тіла.

Попередня ректифікаційна колона 1 у середній частині має патрубок, сполучений лінією 17 потоку КВК (потік А) через випарник 10, блок очищення 36, рекуперативний теплообмінник 33, камеру опромінювання 35 із

джерелом іонізуючого випромінювання, термостат 34 із джерелом тепла або холоду з входом 37 потоку КВК в пристрій. Блок очищення 36 споряджений байпасною лінією 17а. Верхня частина попередньої ректифікаційної колони 1 має патрубок, сполучений лінією 18 потоку фракції НКЦК (потік Б) через рекуперативний теплообмінник 38, термостат 39 з джерелом тепла або холоду, камеру опромінювання 40 з джерелом іонізуючого випромінювання, блок очищення 41, споряджений байпасною лінією 18а, з патрубком у середній частині додаткової колони НКЦК 2. Куб 8-1 попередньої ректифікаційної колони 1 має патрубок, сполучений лінією 19 потоку фракції ВКЦК (потік В) через рекуперативний теплообмінник 42, термостат 43 з джерелом тепла і холоду, камеру опромінювання 44 з джерелом іонізуючого випромінювання, блок очищення 45, споряджений байпасною лінією 19а, з патрубком у середній частині додаткової колони ВКЦК 4.

Додаткова колона НКЦК 2 має у верхній частині патрубок, сполучений лінією 20 потоку очищеної фракції НКЦК (потік Г) з патрубком у середній частині продукційної колони НКЦК 3, а в нижній частині (в кубі 8-2) - патрубок, сполучений лінією 21 потоку проміжних домішок (потік Д) з виходом із пристрою.

Продукційна колона НКЦК 3 має у верхній частині патрубок, сполучений лінією 22 потоку віддувочних газів продукційної колони НКЦК (потік Е) з патрубком у середній частині колони виділення НКЦК 6 або, по лінії 22а через пристрій підвищення тиску 23 з патрубком у середній частині попередньої ректифікаційної колони 1 або по лінії 22б з патрубком у пристрої збирання здувок 24 або по лінії 22в з виходом із пристрою. Куб 8-3 має патрубок, сполучений лінією 25 потоку продукційного НКЦК (потік Ж) з виходом із пристрою.

Додаткова колона ВКЦК 4 має у верхній частині патрубок, сполучений лінією 26 потоку очищеної фракції ВКЦК (потік З) з патрубком у середній частині продукційної колони ВКЦК 5, а в нижній частині в кубі 8-4 патрубок, сполучений лінією 27 потоку висококиплячих домішок (потік І) із виходом з пристрою.

Продукційна колона ВКЦК 5 має у верхній частині патрубок, сполучений лінією 28 потоку віддувочних газів продукційної колони ВКЦК (потік К) із пристроєм збирання здувок 24 або по лінії 28а з лінією 22а і далі через пристрій підвищення тиску 23 з патрубком, розташованим у середній частині контактного простору попередньої ректифікаційної колони 1 або по лінії 22в з виходом із пристрою, а в нижній частині в кубі 8-5 патрубок, сполучений лінією 30 потоку продукційного ВКЦК (потік Л) з виходом із пристрою.

Колона виділення НКЦК 6 має у верхній частині патрубок, сполучений лінією 31 потоку низькокиплячих домішок (потік М) із пристроєм збирання здувок 24, а в нижній частині в кубі 8-6 патрубок, сполучений лінією 32 потоку виділеного НКЦК (потік Н) з виходом із установки або по лінії 32а через пристрій підвищення тиску 29 з патрубком, розташованим у середній частині попередньої ректифікаційної колони 1.

Пристрій збирання здувок 24 лінією 46 концентрату ізотопів легких газів через пристрій підвищення тиску 47 сполучений з блоком 48 виділення ізотопів легких газів.

Блок виділення ізотопів легких газів 48 включає (фіг.2) очисну колону 49, колону виділення ізотопів гелію 50, колону виділення ізотопів водню 51, кожна колона у голові споряджена конденсатором-випарником 53-49÷53-51 з патрубками 65-49÷65-51 входу і патрубками 66-49÷66-51 виходу холодоагента, а внизу - кубами 54-49÷54-51, що містять змійовики випарників 55-49÷55-51. Куб 54-49 очисної колони містить також випарник 56. Очисна колона 49 у середній частині має патрубок, сполучений трубопроводом через випарник 56 і адсорбер 52 з лінією 46 потоку концентрату ізотопів легких газів, а в голові колони - патрубок, сполучений лінією 57 потоку ізотопів гелію і водню (потік П) з патрубком у середній частині колони виділення ізотопів гелію 50. Куб 54-49 має патрубок, сполучений лінією 58 потоку висококиплячих газів (потік Р) з виходом із блоку.

Колона виділення ізотопів гелію 50 у голові містить патрубок, сполучений лінією 59 продукційного потоку ізотопів гелію (потік С) із збирачем ізотопів гелію 60, а куб 55-50 колони має патрубок, сполучений лінією 61 потоку водневої фракції (потік Т) з патрубком у середній частині колони виділення ізотопів водню 51.

Колона виділення ізотопів водню 51 у голові має патрубок, сполучений лінією 62 продукційного потоку ізотопів водню (потік У) із збирачем ізотопів водню 63, а куб 54-51 має патрубок, сполучений лінією 64 потоку неоновної фракції (потік Ф) з виходом із блоку.

Дослідницький стенд (фіг.3) включає лінію 67 подачі досліджуваного потоку з вентилем 68, посудину опромінювання 69 з манометром М1, сполучену з лінією 67 і джерелом іонізуючого випромінювання 70, лінію 71 виведення досліджуваного потоку з вентилем 72, причому лінія 67 споряджена пробовідбірником А1, а лінія 71 споряджена пробовідбірником А2. Пробовідбірник А1 лінією 74, а пробовідбірник А2 лінією 75 сполучені з приладом 73, в якості якого використовували газовий хроматограф і маспектрометр. Як джерело іонізуючого випромінювання використовували ультрафіолетову лампу. Посудина опромінювання 69 виконана з кварцового скла, що пропускає ультрафіолетове випромінювання.

Спосіб очищення і розділення концентрату важких цільових компонентів з отриманням цільових компонентів концентрату і ізотопів легких газів здійснюють наступним чином.

Концентрат ВЦК (важких цільових компонентів), що містить у своєму складі, наприклад, криптон Кг (НКЦК), ксенон Хе (ВКЦК) з домішками, наприклад, азоту N₂, кисню O₂, аргону Аг, неону Ne, гелію He, водню H₂, оксиду вуглецю CO, тетрафторметану CF₄, гексафторетану C₂F₆, монофтортрихлорметану (фреон 11) CFC₁₃, дифтордихлорметану (фреон 12) CF₂Cl₂ і ін. подають на вхід 37 потоку КВК у пристрій. Потік КВК пропускають по рекуперативному теплообміннику 33, нагрівають (охолоджують) за рахунок зворотного потоку, стабілізують його температуру в термостаті 34 з джерелом тепла або холоду і подають у камеру опромінювання 35 із джерелом іонізуючого випромінювання, де здійснюють процес розпаду ізотопів важких компонентів (наприклад, криптону і/або ксенону), охолоджують/нагрівають у рекуперативному теплообміннику 33 за рахунок прямого потоку, направляють у блок очищення 36, охолоджують у випарнику 10 і подають у середню частину контактного простору попередньої ректифікаційної колони 1, де флегмою є конденсат НКЦК (наприклад, криптону), а холодоагентом і робочим тілом у замкнутій порожнині 11-1, конденсаторі-випарнику 7-1, є, наприклад, азот. У результаті процесу ректифікації в кубі 8-1 збирається фракція ВКЦК (наприклад, ксенону), що містить увесь висококиплячий цільовий компонент (наприклад, ксенон) і висококиплячі по відношенню до НКЦК (наприклад, криптону) домішки, такі, як C₂F₆, CFC₁₃, CF₂Cl₂ і ін., а також невелика, спеціально підтримувана кількість НКЦК (наприклад, криптону) в кількості 2-5% об'ємних, а в голові колони - фракція НКЦК (наприклад, криптону), що містить НКЦК (наприклад, криптон), леткі по відношенню до нього домішки, а

також CF_4 і інші домішки, що мають близьку до НКЦК (наприклад, криптону) температуру кипіння. Із голови попередньої ректифікаційної колони 1 по лінії 18 потік фракції НКЦК (наприклад, криптону) направляють у рекуперативний теплообмінник 38, де нагрівають/охолоджують за рахунок зворотного потоку, стабілізують його температуру в термостаті 39 з джерелом тепла або холоду і подають у камеру опромінювання 40 з джерелом іонізуючого випромінювання, де здійснюють процес розпаду ізотопів НКЦК (наприклад, криптону), охолоджують/нагрівають у рекуперативному теплообміннику 38 за рахунок прямого потоку, направляють у блок очищення 41 і подають у середню частину контактного простору додаткової колони НКЦК 2, де флегмою є конденсат НКЦК (наприклад, криптону), а холодоагентом у конденсаторі-випарнику 7-2 і робочим тілом у замкнутій порожнині 11-2 є, наприклад, азот.

У результаті процесу ректифікації в кубі 8-2 концентрують домішки, які по відношенню до НКЦК (наприклад, криптону) є менш леткими, і по лінії 21 потоку проміжних домішок виводяться з пристрою.

Із голови додаткової колони НКЦК 2 виводять по лінії 20 потік очищеної фракції НКЦК (наприклад, криптону), що вже не містить важколетких по відношенню до НКЦК домішок, і направляють у середню частину контактного простору продукційної колони НКЦК 3, де флегмою є конденсат НКЦК (наприклад, криптону), а холодоагентом в конденсаторі-випарнику 7-3 і робочим тілом в замкнутій порожнині 11-3 є, наприклад, азот.

У результаті процесу ректифікації в кубі 8-3 збирають продукційний НКЦК (наприклад, криптон), який по лінії 25 потоку продукційного НКЦК виводять із пристрою, а з голови продукційної колони НКЦК 3 по лінії 22 виводять потік віддувочних газів продукційної колони НКЦК (потік Е), який у своєму складі містить НКЦК (наприклад, криптон) і всі більш леткі по відношенню до НКЦК (наприклад, криптону) компоненти, у тому числі і ізомери легких газів (водню, гелію), і направляють у середню частину контактного простору колони виділення НКЦК 6 (наприклад, криптону). Флегмою в колоні 6 є конденсат із суміші низькокиплячих домішок (наприклад, азоту, кисню, аргону і т.д.), який одержують при подачі холодоагента, наприклад азоту, безпосередньо в замкнуту порожнину 11-6. Потік віддувочних газів продукційної колони НКЦК (потік Е) окрім колони 6 може бути направлений лініями 22, 22а і через пристрій підвищення тиску 23 у середню частину контактного простору попередньої ректифікаційної колони 1, або по лініях 22, 22а і 22б - в пристрій збирання здувок 24, або по лініях 22, 22а, 22в виведений з пристрою. У результаті процесу ректифікації в голові колони виділення НКЦК 6 концентрують низькокиплячі домішки, що містять, зокрема, і ізомери легких газів (водню, гелію), потік М яких по лінії 31 направляють у пристрій збирання здувок 24. Із куба 8-6 потік виділеного НКЦК (наприклад, криптону) - потік Н по лінії 32 виводять із пристрою або по лініях 32, 32а через пристрій підвищення тиску 29 повертають у середню частину контактного простору попередньої ректифікаційної колони 1.

Із куба 8-1 попередньої ректифікаційної колони 1 потік фракції ВКЦК (наприклад, ксенону) - потік В направляють по лінії 19 у рекуперативний теплообмінник 42, де нагрівають/охолоджують за рахунок зворотного потоку, стабілізують його температуру в термостаті 43 з джерелом тепла або холоду і подають у камеру опромінювання 44 із джерелом іонізуючого випромінювання, де здійснюють процес розпаду ізотопів ВКЦК (наприклад, ксенону) і/або НКЦК (наприклад, криптону), охолоджують/нагрівають у рекуперативному теплообміннику 42 за рахунок прямого потоку, направляють у блок очищення 45 і подають у середню частину контактного простору додаткової колони ВКЦК 4, де флегмою є конденсат НКЦК (наприклад, криптону), а холодоагентом в конденсаторі-випарнику 7-4 і робочим тілом у замкнутій порожнині 11-4 є, наприклад, азот. У результаті процесу ректифікації в кубі 8-4 разом з частиною ВКЦК (наприклад, ксенону) концентрують все менш леткі по відношенню до ВКЦК компоненти, що містяться в потоці фракції ВКЦК, зокрема C_2F_6 , CFC_{13} , CF_2C_{12} і ін., які лінією 27 потоку висококиплячих домішок виводять із пристрою.

Із верхньої частини контактного простору додаткової колони ВКЦК 4 лінією 26 потік очищеної фракції ВКЦК (наприклад, ксенону) - потік 3, що містить у своєму складі, наприклад, криптон, ксенон, а також інші леткіші по відношенню до ВКЦК (наприклад, ксенону) компоненти, у тому числі ізомери легких газів (водню, гелію), направляють в середню частину продукційної колони ВКЦК 5, де флегмою є конденсат НКЦК (наприклад, криптону), а холодоагентом у конденсаторі-випарнику 7-5 і робочим тілом у замкнутій порожнині 11-5 є, наприклад, азот. У результаті процесу ректифікації в кубі 8-5 збирають продукційний ВКЦК (наприклад, ксенон), який по лінії 30 виводять із пристрою, а з голови продукційної колони ВКЦК 5 по лінії 22 виводять потік віддувочних газів продукційної колони ВКЦК (потік К), який у своєму складі містить НКЦК (наприклад, криптон), сліди ВКЦК (наприклад, ксенону), а також інші леткіші по відношенню до ВКЦК (наприклад, ксенону) компоненти, у тому числі ізомери легких газів (водню, гелію). Потік К направляють по лінії 28 у пристрій збирання здувок 24 або по лініях 28, 28а, 22а через пристрій підвищення тиску 23 у середню частину контактного простору попередньої ректифікаційної колони 1 або по лініях 28, 28а, 22в виводять з пристрою.

Потоки, збирані у пристрої збирання здувок 24, з колон 3, 5, і 6 є концентратом ізотопів легких газів, що містить у своєму складі, окрім ізотопів водню і гелію, неон, азот, кисень, аргон та інші домішки. Потік концентрату ізотопів легких газів (потік О) по лінії 46 через пристрій підвищення тиску 47, адсорбер 52 (фіг.2), випарник 56 направляють у середню частину контактного простору очисної колони 49, де флегмою є конденсат низькокиплячих компонентів (водню, неону, гелію), а холодоагентом у конденсаторі-випарнику 53-49 є, наприклад, гелій. У результаті процесу ректифікації в кубі 54-49 концентрують все менш леткі по відношенню до водню домішки, які по лінії 58 потоку висококиплячих газів виводять із пристрою, а в голові колони - ізомери легких газів (водню, гелію) з домішками неону, які по лінії 57 потоку ізотопів легких газів направляють у середню частину контактного простору колони виділення ізотопів гелію 50, холодоагентом у конденсаторі-випарнику 53-5 якої є, наприклад, гелій. У результаті процесу ректифікації в голові колони 50 концентрують ізомери гелію, які по лінії 59 продукційного потоку ізотопів гелію виводять із пристрою в збірник ізотопів гелію 60, а в кубі 54-50 концентрують водневу фракцію, що містить неон і ізомери водню, яку по лінії 61 потоку водневої фракції направляють у середню частину контактного простору колони виділення ізотопів водню, де флегмою є конденсат ізотопів водню, а холодоагентом є, наприклад, гелій. У результаті процесу ректифікації в голові цієї колони концентрують ізомери водню, які по лінії 62 продукційного потоку ізотопів водню виводять із пристрою в збірник 63 ізотопів водню, а в кубі 54-51 концентрують неон, який по лінії 64 потоку неону виводять із пристрою.

Пропоновані в даній заявці технічні рішення засновані на отриманих авторами експериментальних даних.

При експлуатації установки за схемою прототипу, вказаного вище, з метою отримання продукційних важких компонентів (експерименти проводилися на криптоні і ксеноні) з чистотою більше 99,99999% об'ємних (відповідно сертифікація домішок при цьому здійснювалася з чутливістю $1\div5\cdot10^{-9}$ мольної частки на газовому хроматографі) виявлено наступний ефект: продукційний ВКЦК (у даному випадку, ксенон), відібраний з колони продукційного ВКЦК, містив водень на рівні $50\div60\cdot10^{-9}$ мольної частки при тому, що концентрація вуглеводнів становила менше $5\cdot10^{-9}$ мольних часток, концентрація кисню становила менше $10\div15\cdot10^{-9}$ мольних часток, концентрація фторовмісних сполук (таких, як CF_4 , C_2F_6) становила менше $10\cdot10^{-9}$ мольних часток, тобто водень на загальному фоні домішок при ректифікаційному розділенні помітно виділяється, не дивлячись на те, що коефіцієнт відносної леткості водню по відношенню до ВКЦК (ксенону) вище, ніж, наприклад, коефіцієнт відносної леткості кисню щодо ВКЦК (ксенону), рівний ~ 170 . Були проведені дослідження розподілу водню за висотою контактної частини ректифікаційної колони в режимі повного зрошування (тобто без введення і виведення потоків живлення і вихідних з колони потоків, що термодинамічно відповідає режиму максимального розділення). При цьому було отримано, що водень по колоні розподілений (на рівні $30\div50\cdot10^{-9}$ мольних часток) досить рівномірно, тобто або практично відсутній розділювальний процес саме по системі ксенон-водень на цьому рівні концентрацій водню, або в колоні присутнє постійне внутрішнє джерело фону водню, яким може бути сам ВКЦК (у даному випадку - ксенон, якщо припустити можливість його часткового розкладу). Підтвердженням цієї версії може служити факт відсутності рівноваги за вмістом водню між рідким ВКЦК - ксенонем у кубі і парою над дзеркалом куба. В описаних вище дослідженнях як газ-носії у газовому хроматографі використовувався гелій особливої чистоти, тому мікродомішки ізотопів гелію не могли бути ідентифіковані.

Для перевірки версії розкладання ВКЦК (в даному випадку, ксенону) авторами був зібраний стенд, схематично показаний на Фіг.3. Всю систему перед експериментами знежирювали, сушили потоком азоту і вакуумували. Перша серія експериментів полягала в наступному: підготовлену посудину опромінювання 69 по лінії 67 і через вентиль 68 наповнювали чистим ксенонем, продували по лінії 71 через вентиль 72 з аналізом через точки А1 і А2 (при цьому добивалися аналізів в обох точках, рівних аналізу початкового ксенону в балоні), вентилі 72 і 68 перекидали і вмикали джерело іонізуючого випромінювання 70 (використовували джерело ультрафіолетового випромінювання). Після опромінювання посудини 69 ультрафіолетовим випромінюванням здійснювали аналіз ксенону з посудини 69 на газовому хроматографі. Аналіз показав збільшення концентрації водню в ксеноні від $70\cdot10^{-9}$ мольної частки в початковому стані до $600\cdot10^{-6}$ мольної частки після опромінювання (тобто концентрація збільшилася більш ніж в 8000 разів), а також збільшення концентрації гелію з $10\cdot10^{-9}$ мольної частки в початковому стані до $30\cdot10^{-6}$ мольної частки після опромінювання (тобто збільшення концентрації гелію склало близько 3000 разів). При аналізі гелію у ксеноні як газ-носії у хроматографі використовували аргон особливої чистоти з додатковим очищенням. Після цього експеримент повторювали з дублюванням аналізів у точках А1 і А2 газовим хроматографом додатковим аналізом на маспектрометрі. Маспектрометр показав появу у ксеноні після опромінювання ізотопів дейтерію, тритію і гелію-3. Були проведені аналогічні вищеописаним експерименти з НКЦК (у даному випадку з криптоном), де також виявлена наявність ефекту появи після опромінювання ізотопів дейтерію, тритію і гелію-3, але інтенсивність ефекту (природно, в умовах проведеного експерименту) значно нижче.

Друга серія експериментів була проведена на суміші ксенону з CO_2 . Як початкова суміш була виготовлена суміш ксенону з CO_2 - 0,3 мольної частки з сумарним вмістом мікродомішок на рівні $2\cdot10^{-6}$ мольної частки, сертифіковані домішки - O_2 , N_2 , Ar , Kr , H_2 , He , Ne , C_2F_6 , CF_4). Аналіз вмісту посудини опромінювання 69 після опромінювання показав появу в суміші, окрім водню і гелію, цілого ряду вуглеводнів (CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 і т.д.), а також появу на стінках посудини крапель маслянистої рідини (ймовірно, крапель води з розчиненими вуглеводнями, рідина мала характерний запах). Сумарний вміст вуглеводнів у газовій фазі становив до $1\cdot10^{-3}$ мольної частки. Цей дослід також підтверджує утворення в опромінюваній системі ізотопів водню. Повторення експериментів при підвищенні температури посудини 69 до 370 К привело до збільшення інтенсивності процесу.

Із наведених експериментів автори зробили наступні висновки:

1. Виявлено ефект розкладання важких компонентів, таких як ксенон і криптон, з утворенням ізотопів легких газів, таких як водню (зокрема, дейтерію і тритію), ізотопів гелію (зокрема, гелію-3), причому цей ефект інтенсифікується зовнішньою дією (зокрема, опромінюванням іонізуючим випромінюванням і зміною температури).

2. Продукти поділу, зокрема, ізопоп водню - тритій, становить небезпеку при використанні важких компонентів, таких як ксенон і криптон, у медичних і побутових цілях.

3. Ізотопи водню знижують споживчі властивості важких компонентів, таких як криптон і ксенон, при використанні в ракетній техніці, електроламповій промисловості, медицині, електронній промисловості, віконній промисловості.

4. Утворення ізотопів легких газів, таких як водень і гелій, може супроводжуватись як зміною ізотопного складу компонентів, що розпадаються, так і утворенням важких уламків поділу - важких нуклідів.

5. Для підвищення якості, чистоти і споживчих властивостей продуктів розділення концентрату важких цільових компонентів, наприклад, криптону і ксенону, в процесі їх отримання необхідна додаткова обробка відповідних потоків з наступним очищенням ректифікацією і/або сорбцією цільових продуктів розділення.

6. Додаткова обробка і очищення потоків важких цільових компонентів дозволяє додатково одержувати нові продукти розділення - ізопопи легких газів, таких як дейтерій, тритій, гелій-3 шляхом виділення їх з продукційного потоку ізотопів водню і/або продукційного потоку ізотопів гелію адсорбційним методом і/або методом газової дифузії і/або відцентровим методом, при цьому нові продукти розділення мають самостійне технічне застосування, за рахунок чого підвищують економічність способу очищення і розділення концентрату важких цільових компонентів і пристрою для його здійснення.

Необхідно відзначити, що реалізація заявлюваного способу очищення і розділення концентрату важких

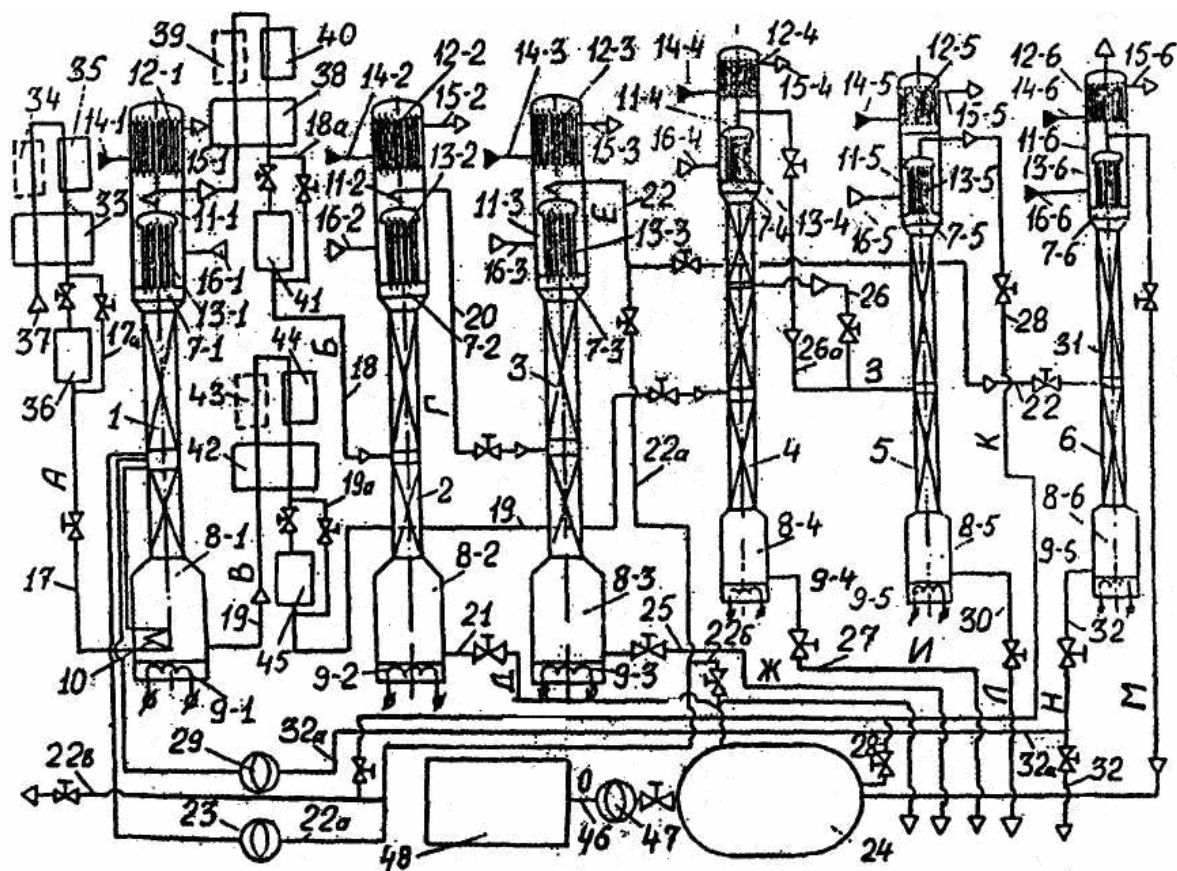
цільових компонентів з отриманням цільових компонентів концентрату і ізотопів легких газів у пропонованому пристрої можлива як при використанні як концентрату суміші важких цільових компонентів, так і при використанні концентрату важких цільових компонентів, що містить один важкий цільовий компонент. При цьому метою переробки може ставитися отримання чистих цільових важких компонентів і/або отримання ізотопів легких газів як самостійних продуктів переробки.

За рахунок того, що в способі очищення і розділення концентрату важких цільових компонентів з одержанням цільових компонентів концентрату і ізотопів легких газів, який включає подачу і розділення потоку концентрату важких цільових компонентів в попередній ректифікаційній колоні з утворенням потоку фракції низькокиплячого цільового компонента і потоку фракції висококиплячого цільового компонента, подачу і розділення потоку фракції низькокиплячого цільового компонента в додатковій колоні низькокиплячого цільового компонента з утворенням потоку очищеної фракції низькокиплячого цільового компонента і потоку проміжних домішок, подачу і розділення потоку очищеної фракції низькокиплячого цільового компонента в продукційній колоні низькокиплячого цільового компонента з утворенням потоку продукційного низькокиплячого цільового компонента і потоку віддувочних газів продукційної колони низькокиплячого цільового компонента, подачу і розділення потоку фракції висококиплячого цільового компонента в додатковій колоні висококиплячого цільового компонента з утворенням потоку очищеної фракції висококиплячого цільового компонента і потоку висококишлячих домішок, подачу і розділення потоку очищеної фракції висококиплячого цільового компонента в продукційній колоні висококиплячого цільового компонента з утворенням потоку продукційного висококиплячого цільового компонента і потоку віддувочних газів продукційної колони висококиплячого цільового компонента, подачу і розділення потоку віддувочних газів продукційної колони низькокиплячого цільового компонента у колоні виділення низькокиплячого цільового компонента з утворенням потоку низькокишлячих домішок і потоку виділеного низькокиплячого цільового компонента, подачу і розділення потоку виділеного низькокиплячого цільового компонента і потоку віддувочних газів продукційної колони висококиплячого цільового компонента у попередній ректифікаційній колоні, відрізняльною особливістю є те, що потік концентрату важких цільових компонентів і/або потік фракції низькокиплячого цільового компонента і/або потік фракції висококиплячого цільового компонента перед подачею у відповідні колони додатково термостатують, опромінюють іонізуючим випромінюванням з отриманням у потоках ізотопів легких газів і важких нуклідів, очищують потоки в додаткових блоках очищення і/або байпасирують додаткові блоки очищення, концентрують ректифікацією важкі нукліди в потоці висококишлячих домішок і/або потоці проміжних домішок і/або в потоці низькокишлячих домішок, додатково концентрують ректифікацією ізотопи легких газів у потоці віддувочних газів продукційної колони низькокиплячого цільового компонента і/або в потоці віддувочних газів продукційної колони висококиплячого цільового компонента і/або в потоці низькокишлячих домішок з одночасним очищенням ректифікацією потоку продукційного низькокиплячого цільового компонента і потоку продукційного висококиплячого цільового компонента, при цьому з потоку віддувочних газів продукційної колони низькокиплячого цільового компонента і/або потоку віддувочних газів продукційної колони висококиплячого цільового компонента і/або потоку низькокишлячих домішок виділяють ізотопи легких газів ректифікаційним методом і/або адсорбційним методом і/або методом газової дифузії і/або відцентровим методом, причому як висококишлячий цільовий компонент концентрату важких цільових компонентів використовують ксенон, як низькокишлячий цільовий компонент концентрату важких цільових компонентів використовують криптон, при цьому використовують концентрат важких цільових компонентів, що містить один важкий цільовий компонент, за рахунок чого збільшують чистоту і безпеку застосування продукційних важких цільових компонентів, а також підвищують економічність способу за рахунок отримання додаткових продуктів розділення у вигляді ізотопів легких газів.

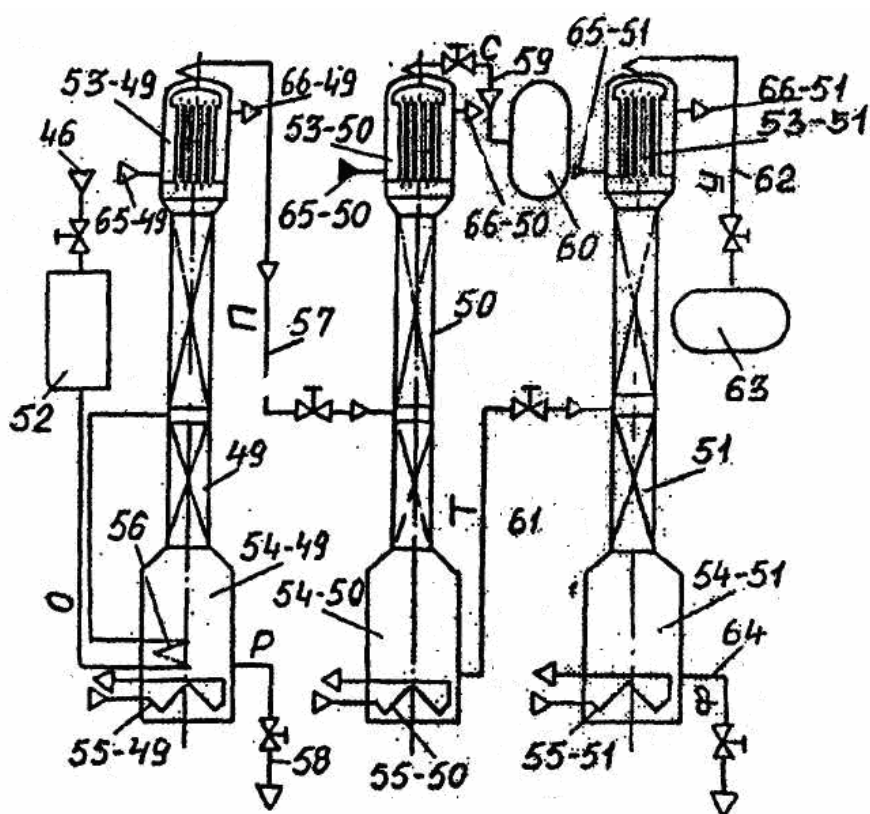
За рахунок того, що в пристрої для очищення і розділення концентрату важких цільових компонентів з отриманням цільових компонентів концентрату і ізотопів легких газів, який включає лінію потоку концентрату важких цільових компонентів, постачальну попередню ректифікаційну колону, додаткову колону низькокиплячого цільового компонента з лінією потоку проміжних домішок, сполучену лінією потоку фракції низькокиплячого цільового компонента з попередньою ректифікаційною колоною, додаткову колону висококиплячого цільового компонента з лінією потоку висококишлячих домішок, сполучену лінією потоку фракції висококиплячого цільового компонента з попередньою ректифікаційною колоною, продукційну колону низькокиплячого цільового компонента, сполучену лінією потоку очищеної фракції низькокиплячого цільового компонента з додатковою колоною низькокиплячого цільового компонента, продукційну колону висококиплячого цільового компонента з лінією потоку віддувочних газів продукційної колони висококиплячого цільового компонента, сполучену з додатковою колоною висококиплячого цільового компонента лінією потоку очищеної фракції висококиплячого цільового компонента, колону виділення низькокиплячого цільового компонента з лінією потоку низькокишлячих домішок, сполучену з продукційною колоною низькокиплячого цільового компонента лінією потоку віддувочних газів продукційної колони низькокиплячого цільового компонента, відрізняльною особливістю є те, що він додатково забезпечений блоком виділення ізотопів легких газів, при цьому на лінії потоку концентрату важких цільових компонентів і/або на лінії потоку фракції низькокиплячого цільового компонента і/або на лінії потоку фракції висококиплячого цільового компонента перед подачею у відповідні колони додатково розміщені теплообмінники, джерела зовнішнього тепла або холоду, камери опромінювання іонізуючим випромінюванням, додаткові блоки очищення з байпасними лініями, причому лінія потоку низькокишлячих домішок і/або лінія потоку віддувочних газів продукційної колони низькокиплячого цільового компонента і/або лінія потоку віддувочних газів продукційної колони висококиплячого цільового компонента через пристрій збирання здувки і додаткову лінію потоку, збагаченого ізотопами легких газів, зі встановленим на ній пристроєм підвищення тиску, сполучені з блоком виділення ізотопів легких газів, за рахунок чого збільшують чистоту і безпеку застосування продукційних важких цільових компонентів, а також підвищують економічність пристрою за рахунок одержання додаткових продуктів розділення у вигляді ізотопів легких газів.

Пропонований спосіб очищення і розділення концентрату важких цільових компонентів з отриманням

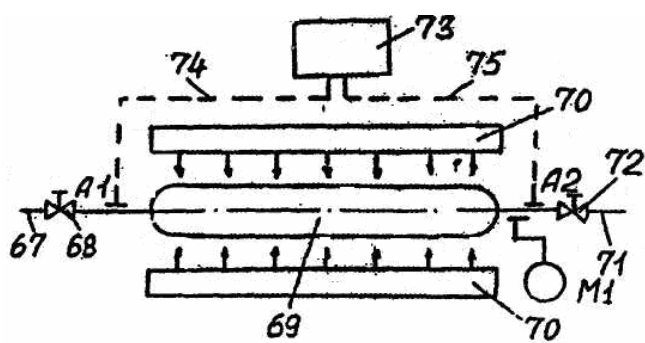
цільових компонентів концентрату і ізоотопів легких газів і пристрій для його здійснення дозволяють збільшити чистоту продукційних важких цільових компонентів (наприклад, криптону і ксенону), зменшити їх радіоактивність і, відповідно, збільшити безпеку їх застосування, а також підвищити економічність за рахунок одержання додаткових продуктів розділення у вигляді ізоотопів легких газів, таких як дейтерій, тритій і гелій-3.



Фіг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3