

Наука — виробництву

УДК 67.08 : 502.3 : 504.054 : 504.61
DOI: 10.31471/1993-9973-2019-3(72)-76-82

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ МЕХАНОАКТИВАЦІЇ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ НАФТОГАЗОВОГО ВИРОБНИЦТВА

М. М. Орфанова

*ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15,
e-mail: m.orfanova@gmail.com*

Все більш актуальною стає необхідність удосконалення технологічних процесів переробки паливно-сировинних ресурсів, пошуку нових технологій та залучення відходів нафтогазового виробництва як техногенних ресурсів. Проаналізовано основні напрямки використання ефектів механічної активації речовин в технологічних процесах нафтогазового виробництва. Надається коротка характеристика методу механоактивації. Показана перспективність використання методу механоактивації для вирішення проблеми утилізації відходів. Розглянуто можливості механічної активації речовини як ефективного напрямку прискорення механохімічних процесів, що відбуваються у вуглеводнях внаслідок інтенсивних механічних навантажень. Узагальнено результати досліджень з впливу механоактивації на зміну фізико-хімічних властивостей нафти, мазуту, кубового залишку та нафтошламу. Узагальнено результати використання механоактивації для приготування тампонажних сумішей на основі кварцового піску та кварцевмісних відходів. Лабораторні дослідження проводились на відцентрово-планетарному млині. Встановлено, що в умовах механоактивації вуглеводнів відбувається їх деструкція. Процес перетворення має ланцюговий характер. Показано, що режими обробки, час та механічні навантаження впливають на процеси деструкції вуглеводнів, а її результати залежать від виду речовини. Доведено перспективність застосування методу механоактивації для регулювання властивостей отриманого на основі нафтошламів мінерального порошку. Результати досліджень однозначно свідчать, що, регулюючи режими обробки вуглеводнів, можна отримати різні об'єми виходу легких фракцій. Показана можливість збільшення глибини переробки нафти, можливість отримання цементної суміші з додаванням до 30 % механоактивованої кварцевмісної добавки без погіршення характеристик цементного каменю. Метод механоактивації є перспективним для утилізації відходів нафтогазового комплексу, які можна розглядати як техногенну сировину.

Ключові слова: метод механоактивації, мазут, нафтошлам, нафта, кварцевмісні відходи.

Все более актуальной становится необходимость совершенствования технологических процессов переработки топливно-сырьевых ресурсов, поиска новых технологий и использование отходов нефтегазового производства как техногенных ресурсов. Проанализированы основные направления использования эффектов механической активации веществ в технологических процессах нефтегазового производства. Предоставляется краткая характеристика метода механоактивации. Показана перспективность использования метода механоактивации для решения проблемы утилизации отходов. Рассмотрены возможности механической активации вещества как эффективного направления ускорения механохимических процессов, происходящих в углеводородах вследствие интенсивных механических нагрузок. Обобщены результаты исследований по влиянию механоактивации на изменение физико-химических свойств нефти, мазута, кубового остатка и нефтешлама. Обобщены результаты использования механоактивации для приготовления тампонажных смесей на основе кварцевого песка и кварцосодержащих отходов. Лабораторные исследования проводились на центробежно-планетарной мельнице. Установлено, что в условиях механоактивации углеводородов происходит их деструкция. Процесс преобразования имеет цепной характер. Показано, что режимы обработки, время и механические нагрузки влияют на процессы деструкции углеводородов, и ее результаты зависят от вида вещества. Показана перспективность применения метода механоактивации для регулирования свойств полученного минерального порошка на основе нефтешламов. Исследования однозначно свидетельствуют, что, регулируя режимы обработки углеводородов, можно получить разные

объемы выхода легких фракций. Показана возможность увеличения глубины переработки нефти, возможность получения цементной смеси с добавлением до 30% механоактивированной кварцсодержащей добавки без ухудшения характеристик получаемого цементного камня. Метод механоактивации является перспективным для утилизации отходов нефтегазового комплекса, которые можно рассматривать как техногенное сырье.

Ключевые слова: метод механоактивации, мазут, нефтешлам, нефть, кварцсодержащие отходы.

The need to improve the technological processes of raw fuel resources processing, to search for new technologies and to involve oil and gas waste production wastes as anthropogenic resources becomes urgent. The main directions of using the effects of the mechanical activation of substances in the technological processes of oil and gas production are analyzed. A brief description of the method of mechanical activation is provided. The prospect of using the method of mechanical activation to solve the problem of waste disposal is shown. The author analyzes the main directions of mechanical activation influence used for changing the composition and properties of hydrocarbons and considers the possibilities of mechanical activation of a substance as an efficient way for accelerating the mechano-chemical processes that occur in hydrocarbons due to intense mechanical loads. The article generalizes the research results concerning the effect of mechanical activation on changes in the physical-chemical properties of oil, fuel oil, bottoms and sludge. The results of using mechanical activation for the preparation of plug-back mixtures based on silica sand and quartziferous waste are summarized. The laboratory research was carried out at a centrifugal-planetary mill. It is established that under the conditions of mechanical activation of hydrocarbons their destruction occurs. The process of transformations is a chain nature. The areas of mechanical and chemical transformations, change of fraction content in residual fuel oil, bottom products, and natural gasoline have been investigated. It has been established that destruction of hydrocarbon fractions takes place. The author demonstrates that processing modes, time and mechanical loads affect the course of hydrocarbon destruction, and its results depend on the type of substance. The researcher proves that it is promising to use the method of mechanical activation to control the properties of mineral flour obtained on the basis of oil sludge. The results of the research indicate clearly that it is possible to get different volume of the light cuts yield by regulating the modes of hydrocarbons processing. The author shows the possibility of increasing the depth of oil refining, as well as the possibility of obtaining a cement mixture with the addition of up to 30% of mechanically activated quartziferous additive without deteriorating the characteristics of cement stone achieved. The method of mechanical activation is promising for the utilization of the wastes of oil and gas complex, as these wastes can be considered the anthropogenic raw materials.

Key words: method of mechanical activation, fuel oil, oil sludge, oil, quarters waste.

Вступ. Зростання рівня споживання паливно-енергетичних ресурсів призвело як до виникнення дефіциту палива, так і до збільшення рівня забруднення навколишнього середовища. Нафтогазовий комплекс України посідає основне місце в забезпеченні вітчизняної енергетичної незалежності. Тому важливим питанням сьогодення є удосконалення існуючих процесів раціональної та комплексної переробки сировини, розширення бази паливно-енергетичних ресурсів, пошук альтернативних видів палива, використання відходів як техногенних паливно-енергетичних ресурсів. Також не менш важливим є підвищення рівня вимог до охорони навколишнього середовища на всіх об'єктах нафтогазового виробництва. Оскільки негативний вплив на компоненти навколишнього середовища спостерігається на всіх технологічних стадіях нафтогазового комплексу, то особливо важливими є питання, пов'язані з екологічними проблемами [1].

Актуальним є не тільки пошук нетрадиційних методів переробки вуглеводневої сировини, поглиблення процесу її переробки шляхом зміни фізико-хімічних властивостей вуглевод-

нів, а також мінімізація обсягів утворення та нагромадження відходів.

Проблема відходів постає досить гостро для нафтогазового комплексу. Відходи утворюються у великих обсягах, характеризуються різноманітністю видів і хімічного складу. Така особливість відходів значно ускладнює як їх зберігання, так і пошук оптимальних напрямків поводження з ними. Тому й спостерігається збільшення обсягів нагромадження відходів нафтогазового комплексу.

Одним із перспективних напрямків зменшення обсягів відходів нафтогазового виробництва є використання методу механоактивації речовин. Технології, що базуються на ефектах механоактивації, є простими у технічній реалізації, а також економічно-ефективними, що, у свою чергу, дозволяє знизити собівартість продукції. На даний час накопичено значний досвід стосовно можливості використання ефектів механоактивації в технологіях переробки мінеральної сировини та відходів [2]. Однак цей метод майже не використовується у технологічних процесах нафтогазового виробництва.

Мета статті полягає в обґрунтуванні перспективності використання методу механоактивації речовин у технологічних процесах нафтогазового виробництва.

Аналіз сучасних закордонних і вітчизняних досліджень і публікацій. Механічна активація речовин – це відносно новий напрямок прискорення фізико-хімічних процесів, що відбуваються у речовині внаслідок інтенсивних механічних навантажень. За своїм характером виділяють різні види механічного навантаження та впливу на речовину.

Саме інтенсивні механічні навантаження ініціюють протікання у речовині механохімічних процесів різного характеру. Аввакумов Є. Г. в результаті досліджень виділяє такі процеси: механодеструкцію, механоструктурування, механосинтез, механоактивацію та механохімічне просторове структурування полімерних систем. Таким чином, механоактивація речовин - це один із типів механохімічних процесів, що відрізняється, в першу чергу, від механодеструкції та механосинтезу тим, що механічні сили впливають на енергію активації речовини у відповідності до затрат механічної енергії. В залежності від стадії протікання процесу механоактивації, розрізняють два її види:

- паралельну, яка відбувається безпосередньо під дією механічних сил на речовину;

- постактиваційну, коли ефект механічної обробки проявляється при подальшій взаємодії активованої речовини з іншими речовинами.

На даний час процеси, що відбуваються у речовинах в умовах інтенсивного механічного навантаження, все ще є мало дослідженими. Залишаються актуальними питання про природу та механізм механохімічних перетворень. Це пов'язано з тим, що результати цих перетворень, наслідки механохімічних реакцій залежать не тільки від умов, видів та типів механічних навантажень, але й від агрегатного стану та хімічного складу речовини.

На даний час для високомолекулярних сполук встановлено уявлення про механохімічні явища, досліджена їх специфіка, досліджені явища механодеструкції органічних сполук. Встановлено, що, крім температурного фактору, на зміну структури полімеру мають також вплив тиск і зсув [3].

В результаті досліджень з парафінистою нафтою встановлено, що збільшення механічних навантажень і часу активації приводить до збільшення вмісту твердих парафінів [4], а процеси деструкції та конденсації вуглеводнів відбуваються одночасно в однаковій мірі [5].

Значний комплекс досліджень з одночасної активації важких вуглеводнів з вугіллям і торфом був проведений у Сибірському відділенні РАН Ломовським О.І., Ігошиним В.А., Головко А.К. та Днепровським К.С. Одночасна активація вугілля і нафти дала змогу збільшити вихід бензинових і дизельних фракцій та отримати мазутно-вугільне пальне. Також в результаті досліджень було встановлено, що одночасна активація вугілля та мазуту дозволяє отримати в'язучий продукт для асфальто-бетонних сумішей. В той же час механоактивація вугільних асфальтенів внаслідок процесів деструкції призводить до одночасного утворення низькомолекулярних сполук і предасфальтенів. А на ефективність механоактивації впливає структура сполук, що входять до складу вугільних асфальтенів [6]. У процесі досліджень було встановлено, що технологічний процес переробки вугілля та мазуту, вугілля та нафти є регульованим.

Встановлено, що деструкція високомолекулярних нафтових компонентів залежить від фізико-хімічних властивостей твердої фази та газового середовища, у якому відбувається активація, а присутність мінеральної добавки (кварцу) сприяє утворенню насичених вуглеводнів [7].

Висвітлення невіршених раніше час-тин загальної проблеми. Проте, маловивченими на даний час залишаються хімічні перетворення, що відбуваються у вуглеводневих речовинах внаслідок інтенсивних механічних навантажень.

Значна кількість кварцевмісних відходів використовується у виробництві будівельних матеріалів та при підготовці цементних сумішей [8]. Але можливості їх використання у нафтогазовій галузі не приділяється достатньої уваги.

Формулювання цілей статті

Метою дослідження є визначення можливості та ефективності застосування методу механоактивації у таких напрямках:

- використання піску і кварцевмісних відходів як заміника цементу в тампонажних сумішах;

- поглиблення відбору паливних компонентів з нафтогазової сировини;

- регулювання процесу деструкції важких вуглеводнів;

- отримання мінерального компонента для асфальтобетонних сумішей на основі нафтошламів.

Завданнями дослідження є визначення впливу механоактивації на змінення в'язучих властивостей кварцевмісних речовин, фракційного складу вуглеводнів.

Висвітлення основного матеріалу дослідження

Використання піску і кварцевмісних відходів як заміника цементу в тампонажних сумішах. Для досліджень використовувався звичайний кварцовий пісок, золи Бурштинської ТЕС як кварцевмісні відходи. Готувались чотири типи суміші: цемент – пісок неактивований, цемент – пісок активований, цемент – зола неактивована і цемент – зола активована. Вміст добавки (пісок, зола) у суміші змінювався до 50 %. Визначались такі параметри: розтічність цементного розчину, міцність, корозійна стійкість і пористість цементного каменю.

Результати досліджень показали, що розтічність цементного розчину однозначно зменшувалась при додаванні до тампонажної суміші до 30 % активованої золи або активованого піску. Це свідчить про набуття ними в'язучих властивостей [9, 10]. Дослідження показника міцності на стиск показали його збільшення в 1,5-2,4 рази залежно від умов формування.

Дослідження з вивчення корозійної стійкості цементного каменю проводились при його формуванні в прісному і слабомінералізованому середовищі. Корозійна стійкість зразків цементного каменю з чистого цементу звичайно вища як при їх формуванні в прісному, так і в мінералізованому середовищі, ніж у цементного каменю, одержаного з використанням піску. Проте зразки з активованим піском характеризуються значно більшою корозійною стійкістю, ніж з неактивованим, і в мінералізованому середовищі цей ефект виявляється наочніше.

Як показали дослідження, пористість цементного каменю, одержаного при використанні активованого піску, зменшується на порядок, а текстура, відповідно, стає щільнішою. Це призводить до зменшення проникності цементного каменю по газу в 1,3 рази і в 2,2 рази за умови вмісту піску відповідно 20 % і 30 %. Активація золи також впливає на водо- і газопроникність зразків цементного каменю і однозначно зменшує ці показники по газу в 1,9 рази і по воді в 1,4 рази за умови вмісту золи в суміші 20 %.

Отримані результати показали, що механоактивація піску та кварцевмісних відходів в умовах надтонкого подрібнення дозволяє:

– набути в'язучих властивостей піском та золю;

– зменшити показник пористості цементного каменю;

– збільшити показник міцності на стискання цементного каменю;

– регулювати фізико-механічні властивості цементного каменю, змінюючи режими обробки піску і золи;

– зменшити показник пористості цементного каменю;

– збільшити корозійну стійкість цементного каменю.

Було встановлено, що у тампонажній суміші добавка піску може становити до 30 %, а золи – до 20 % без змінення характеристик цементного каменю.

З позиції екології використання механоактивації дозволяє:

- підвищити ступінь ізоляції свердловин за рахунок покращення характеристик цементного каменю;

- зменшити об'єми золошлакових відходів Бурштинської ТЕС.

Для практичної реалізації розроблено установку струминного помелу УСП-400, яка дозволяє здійснювати подрібнення матеріалу до розміру частинок 40-60 мкм і відповідно більш ефективно використовувати механоактиваційні процеси [11].

Поглиблення відбору паливних компонентів з нафтогазової сировини. Інший напрямок досліджень – це механоактиваційний вплив на вуглеводневі речовини. Дослідження проводилися з паливним мазутом та кубовим залишком переробки газу.

Дослідження з мазутом. Аналіз результатів лабораторних досліджень показав, що після механоактивації мазуту відбувається зменшення вмісту важких фракцій вуглеводнів і утворення легких вуглеводневих фракцій, що свідчить про протікання процесів деструкції. Також встановлено, що зі збільшенням тривалості обробки мазуту відбувається зворотній процес – зменшення об'єму виходу легких фракцій. Отже, регулюючи час обробки мазуту, можна досягти збільшення виходу фракцій з температурою кипіння до 280 °С в 5-7 разів [12].

Дослідження з кубовим залишком. Результати фракційної розгонки кубового залишку показали, що збільшення виходу легких фракцій відбувається за рахунок деструкції фракцій з температурою кипіння понад 340 °С. Аналіз результатів досліджень показав, що за рахунок регулювання механічних навантажень та часу обробки кубового залишку можна додатково отримати понад 10 % дизельного палива.

Регулювання процесу деградації важких вуглеводнів. Дослідження з високов'язкою нафтою Бугриватівського і Коханівського родовищ показали, що активація нафти протягом 2,5 с призводить до збільшення на понад 100 % виходу бензинової фракції. Також при дослідженнях з високов'язкою нафтою Бугриватівського родовища нами був отриманий ефект зменшення в'язкості в 2-3 рази. Найбільший ефект спостерігається при обробці нафти впродовж 20 с. Даний ефект залежить від хімічного складу нафти, що підтверджено результатами попередніх досліджень, проведених з нафтою Коханівського родовища, де оптимальний час активації становив 10 с.

Аналіз досліджень показав, що при механоактивації високопарафінистої нафти у присутності різних каталізаторів відбуваються механохімічні процеси, наслідком яких є деградація компонентів і утворення низькомолекулярних сполук [12]. Результати дали підтвердження, що процес механоактивації нафтогазової сировини в цілому регульований.

Використання нафтошламів для отримання мінерального компонента асфальтобетонних сумішей. Проведений комплекс досліджень з вуглеводневими речовинами, піском і кварцвмісними відходами спрямували на пошук напрямків поводження з нафтошламами. Оскільки основними складовими мінерального порошку є мінеральна та органічна компоненти, то як мінеральну складову було використано активованій пісок, а як органічну складову - нафтошлам. Тому підставою для проведення досліджень були результати комплексу попередніх досліджень щодо впливу механоактивації на властивості кварцового піску та вуглеводнів.

Основний комплекс досліджень було проведено з нафтошламами, збагаченими донними осадами. Для мінерального порошку важливими фізико-механічними показниками є гранулометричний склад, пористість і зчеплення з бітумом. Результати досліджень показали, що застосування механоактивації у приготуванні мінерального порошку на основі нафтошламів дозволяє зменшити показник пористості, досягти кращого обволікання мінеральної складової органічною і регулювати характеристики порошку в цілому. За результатами досліджень було обрано співвідношення компонентів пісок : нафтошлам 1 : 1 при умові механоактивації піску. Аналізуючи результати досліджень, можна стверджувати, що в активованому нафтошламів релаксаційні процеси не відбуваються,

і це дозволяє розглядати його як мінеральний компонент для асфальтобетонних сумішей [13].

Висновки. У ході досліджень було встановлено, що процес механоактиваційної обробки нафтової сировини є регульованим: одночасно з процесами деградації вуглеводнів відбувається їх синтез. Регулюючи навантаження та час активаційної обробки вуглеводнів, можна отримати збільшення виходу певних фракцій вуглеводнів при мінімальних енерговитратах. Деградація нафтових вуглеводнів ініціюється саме процесами інтенсивного механічного навантаження, що може бути досягнуто лише в умовах механоактивації. Загалом хімічні перетворення у вуглеводнях мають ланцюговий характер.

Одержані результати лабораторних досліджень свідчать про таке:

- під дією механоактивації одночасно відбуваються процеси деградації та синтезу вуглеводнів (холодний крекінг);

- під дією механоактивації протягом 30 с з паливного мазуту утворюється 36 % фракцій з температурою кипіння до 280 °С, в той час як із неактивованого мазуту – 5,5 %;

- встановлено, що збільшення виходу фракцій з температурою кипіння до 280 °С відбувається за рахунок деградації фракцій з температурою кипіння понад 400 °С;

- після механохімічної активації кубового залишку переробки газу впродовж 15 с можна додатково одержати понад 12 % важкого дизельного палива (порівняно з вихідним продуктом) за рахунок фракцій, які киплять за температури вище 340 °С.

Результати проведених досліджень показали такі перспективні напрямки використання ефектів механоактивації речовин у технологічних процесах нафтогазового комплексу:

- розширення можливості використання кварцвмісних відходів;

- використання відходів нафтогазового виробництва як техногенних паливно-енергетичних ресурсів;

- поглиблення процесу відбору паливних компонентів.

Використання методу механоактивації може бути перспективним у напрямку утилізації відходів буріння, які належать до багатотоннажних відходів нафтогазового виробництва. Метод механічної активації речовин може розширити сфери використання бурових шламів як мінерально-сировинного техногенного ресурсу, що може бути повторно використаний у технологічних процесах нафтогазового виробництва. Його за-

стосування для утилізації бурових шламів полягає у зміні фізико-хімічних властивостей речовин в умовах інтенсивних механічних навантажень і в умовах надтонкого подрібнення. Напрямки використання бурового шламу залежать від його складу. Базуючись на проведених дослідженнях, можна запропонувати такі можливі напрямки утилізації бурового шламу з використанням ефектів механоактивації:

- замітник тампонажного цементу, якщо відсутня органічна складова;
- компонент для приготування бурових глинистих розчинів;
- неорганічний в'язучий мінерального порошку для асфальтобетонних сумішей;
- добавка при будівництві дорожніх покриттів.

На основі ефектів механоактивації речовин можуть бути розроблені екологічні та енергоощадні технології.

Література

1. Орфанова М.М. Напрямки покращення екологічної ситуації на підприємствах нафтогазового комплексу України. *Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит*. 2014. № 4(122). С.69-75.
2. Аввакумов Е.Г., Гусев А.А. Механические методы активации в переработке природного и техногенного сырья. Новосибирск : Гео, 2009. 155 с.
3. Шутилин Ю.Ф., Щербакова М.С., Жучков А.В., Корястин С.И. Механохимические превращения полимеров при многократных изменениях температуры, давления и сдвига. *Вестник ВГУИТ*. 2012. № 1. С.122-125.
4. Сурков В.Г., Головки А.К., Можайская М.В. Влияние условий механического воздействия на изменение состава парафинов нефти. *Известия Томского политехнического университета*. 2012. Т. 321. № 3. С. 148-152.
5. Дудкин Д.В., Кульков М.Г., Шестакова Е.Н., Якубенко А.А., Новиков А.А. Превращение углеводородов нефти при механохимическом воздействии. *Химия и технология топлив и масел*. 2012. № 2(570). С. 39-42
6. Пройдаков А.Г., Калабин Г.А., Пройдакова О.А. Деструкция природного органического сырья: монография : LAP Lambert Academic Publishing, 2016. 280 с.
7. Савельев В.В., Головки А.К. Механодеструкция асфальтенов в среде различных газов и в присутствии твердых добавок. *Известия Томского политехнического университета*. 2010. Т. 316. № 3. С.68-71.
8. Глуховський І.В., Глуховський В.В., Дашкова Т.С., Свідерський В.А. Сучасні технології іммобілізації небезпечних відходів. *Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства»* (29-30.11.2012, Львів). ЛДУ БЖД. 2012. С. 208-211.
9. Орфанова М.М. Можливості використання кварцвмісних відходів в якості в'язучих матеріалів. *Екологічна безпека*. 2014. № 2. С. 97-101.
10. Орфанова М.М., Орфанова М.Мих., Пустогов В.И. Перспективи використання методу механоактивації з метою утилізації зол ТЕС в наповнювачі будівельних матеріалів. *Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит*, 2013. № 5(111). С.58-62.
11. Заявка на винахід "Мельница струйная противоточная". № 95094337; заявл. 29.09.1995; опубл. 30.06.1998, Бюл. № 3.
12. Орфанова М.М., Семчук Я.М. Перспективи використання методів механоактивації для вирішення проблеми утилізації відходів. *Вісник КрНУ ім. М. Остроградського*. 2013. № 5(82). С. 160-166.
13. Орфанова М.М. Використання нафтошламів у дорожнобудівельних матеріалах. *Енерготехнології та ресурсозбереження*. 2014. № 4. С. 36-41.

References

1. Orfanova M.M. Napryamki pokrashennya ekologichnoyi situaciyi na pidpriemstvakh naftogazovogo kompleksu Ukraini [Directions of improvement of ecological situation at enterprises of oil and gas complex of Ukraine]. *Enregozberezhennya. Energetika. Enregoaudit*, 2014. No 4(122). P.69-75.
2. Avvakumov E.G., Gusev A.A. Mehanicheskie metodyi aktivatsii v pererabotke prirodnogo i tehnogenного syrya [Mechanical activation methods in the processing of natural and man-made materials]. Novosibirsk: Geo, 2009. 155 p.
3. Shutilin Yu.F., Scherbakova M.S., Zhuchkov A.V., Koryistin S.I. Mehanohimicheskie prevrascheniya polimerov pri mnogokratnom izmeneniyah temperatury, davleniya i sdviga [Mechanochemical transformations of polymers with multiple changes in temperature, pressure and shear]. *Vestnik VGUI*. 2012. No 1. P.122-125.
4. Surkov V.G., Golovko A.K., Mozhayskaya M.V. Vliyanie usloviy mehanicheskogo vozdeystviya na izmeneie sostava parafinov nefiti [Effect of mechanical impact on the change in the

composition of oil paraffins]. *Izvestiya Tomskogo politehnicheskogo universiteta*. 2012. Vol. 321. No 3. P. 148-152.

5. Dudkin D.V., Kulkov M.G., Shestakova E.N., Yakubenok A.A., Novikov A.A. Prevrashchenie uglevodorodov nefti pri mehanohimicheskom vozdeystvii [The transformation of petroleum hydrocarbons with mechanochemical impacts]. *Himiya i tehnologiya topliv i masel*. 2012. No 2(570). P. 39-42.

6. Proydakov A.G., Kalabin G.A., Proydakova O.A. Destruktsiya prirodnogo organicheskogo syrya [Destruction of natural organic raw materials]. LAP Lambert Academic Publishing, 2016. 280 p.

7. Savelev V.V., Golovko A.K. Mehanodestruktsiya asfaltenov v srede razlichnykh gazov i v prisutstvii tverdykh dobavok [Mechano-destruction of asphaltenes in the environment of various gases and in the presence of solid additives]. *Izvestiya Tomskogo politehnicheskogo universiteta*. 2010. T. 316. No 3. P. 68-71.

8. Gluhovskij I.V., Gluhovskij V.V., Dashkova T.S., Sviderskij V.A. Suchasni tehnologii immobilizatsiyi nebezpechnih vidhodiv [Modern technologies of immobilization of hazardous waste]. *Materiali I Mizhnarodnoyi naukovo-praktichnoyi konferenciyi «Ekologichna bezpeka yak osnova stalogo rozvitku suspilstva»* (29-30.11.2012, Lviv). LDU BZhD. 2012. P. 208-211.

9. Orfanova M.M. Mozhливosti vikoristannya kvarcvmisnih vidhodiv v yakosti v'yazhuchih materialah [Possibilities of using quartzlike waste as astringent materials]. *Ekologichna bezpeka*. 2014. No 2. P. 97-101.

10. Orfanova M.Mik., Orfanova M.Mih., Pustogov V.I. Perspektivi vikoristannya metodu mehanoaktivatsiyi z metoyu utilizatsiyi zol TES v napovnyuvachi budivelnih materialiv [Prospects for the use of the mechanoactivation method for the disposal of TPS ash in building materials filler]. *Enregozberezheniya. Energetika. Energo-audit*. 2013. No 5(111). P.58-62.

11. Zayavka na vinahid "Melnica strujnaya protivotochnaya". [Mill counter-current jet]. No 95094337; zayavl. 29.09.1995; opubl. 30.06.1998, Byul. No 3.

12. Orfanova M.M., Semchuk Ya.M. Perspektivi vikoristannya metodiv mehanoaktivatsiyi dlya virishennya problemi utilizatsiyi vidhodiv [Prospects for the mechanical activation method to solve the problem of waste disposal]. *Visnik KrNU im. M. Ostrogradskogo*. 2013. No 5(82). P. 160-166.

13. Orfanova M.M. Viktoristannya naftoshlamiv u dorozhnobudivelnih materialah [The use of sludge in road building materials]. *Energotehnologii i resursoberezhennie*. 2014. No 4. P. 36-41.