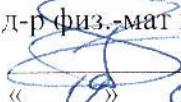


Министерство образования и науки Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)
Механико-математический факультет
Кафедра теоретической механики

ДОПУСТИТЬ К ПРЕДСТАВЛЕНИЮ ГЭК

Руководитель ООП

д-р физ.-мат наук, профессор

 А.В. Старченко

« 19 » 06 2018 г.

НАУЧНЫЙ ДОКЛАД

об основных результатах подготовленной научно – квалификационной работы
(диссертации)

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СФЕРИЧЕСКИХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОПОРИСТЫХ СТРУКТУР
С КОМПОНЕНТАМИ ПРИРОДНОГО ГАЗА**

по основной образовательной программе подготовки научно-педагогических кадров в
аспирантуре
направление подготовки 01.02.05 Механика жидкости, газа и плазмы

Уколов Антон Валимович

Научный руководитель

д-р физ.-мат наук, профессор

 А.М. Бубенчиков

« » 2018 г.

Автор работы

аспирант

 А.В. Уколов
подпись

Томск-2018

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Задача выделения легких компонент из природного газа на сегодняшний день считается одной из важнейших для мировой газовой отрасли. Это обусловлено развитием таких направлений как, молекулярная и атомарная фильтрация, которые уже сегодня в состоянии решать ряд сложнейших задач, таких как: опреснение морской воды [1,2,3]; очистка воздуха в помещениях [4]; фракционирование белков, очистка белков от примесей, сепарация пептидов и аминокислот [5]; контроль уровня ионов тяжелых металлов в продуктах питания и окружающей среде [6]; очистка сточных вод от токсичных компонентов [7,8]; фильтрация выделений антропогенных источников и их очистка от парникового газа [10] и т.д.

Развитие данного направления породило идею выделения гелия из природного газа, как одного из стратегических ресурсов для Российской Федерации. Особенно высокую значимость данное направления приобретает с учетом постоянно растущего спроса на экспортируемые виды сырья. Следует отметить, что сегодня основу производственных мощностей технологий сепарации природного газа в нашей стране представляет зарубежная техника. В тоже время, ввиду обозначенной в 2014 году Правительством Российской Федерации концепции импортозамещения данное исследование приобретает особую значимость. Фундаментальные результаты, полученные в ходе работы могут помочь в развитии отечественных аналогов, применяемых для разделения газовых смесей, в том числе получения особо ценных его компонент, таких как гелий, изотоп гелия и водород.

Основными способами получения гелия являются криогенная дистилляция [11-14] и напорная адсорбция [11, 14, 15]. Применение данных технологий требует огромных энергозатрат, что делает их себестоимость относительно высокой. К тому же для использования обозначенных выше методов необходимо большое содержание гелия на месторождении, что бывает достаточно редко. Более выгодным аналогом этим дорогостоящих

методов является мембранный способ сепарации газов. Относительно низкое потребление электричества является одним из главных преимуществ этого метода. Это обусловлено тем, что при мембранном способе разделения газов не требуется изменения агрегатного состояния вещества. Кроме того, этот метод не требует большого числа механизмов.

Таким образом, совмещая вышеобозначенную проблему и пути её решения, весьма перспективной представляется задача выделения гелия из природного газа с помощью мембранных наноструктур. Наиболее значимых результатов в этом направлении удалось добиться после открытия А. Геймом и К. Новоселовым в 2004 году графена. Экспериментальные исследования [16] и теория [17] показывают, что графеновая плоскость встречающаяся на пути движения гелия оказывает сильное воздействие на него и не пропускает атомы сквозь свою структуру. Следовательно, для возникновения фильтрации необходимо создать пустоты в материале, что даст возможность снизить энергию взаимодействия и позволит атомам и молекулам двигаться сквозь структуру графенового полотна. Часто используемым способом образования пор в графене является применение электронных пучков для возникновения точечных дефектов, после чего полученная конструкция интегрируется в *sp²-гибридизации* [18]. Ещё один способ образования пор основан на бомбардировке тяжелыми ионами. Однако, эти методы имеют существенный недостаток, заключающийся в том, что в результате произведенных действий в графене образуются поры заранее неизвестных размеров, что существенно снижает проницаемость углеродной мембраны. Существует и ещё один метод заключающийся в синтезировании разряженной графеной мембраны. Идея этого метода заключается в квантовом туннелировании, которое оказывает воздействие на мембрану путем химических реакций [19, 20].

Настоящее диссертационное исследование посвящено изучению и описанию природы взаимодействия молекул и атомов природного газа с углеродными мембранами. Проведенное моделирование подтверждает выдвинутое предположение о том, что углеродные структуры составленные

сферическими наночастицами являются одним из факторов селективности в задачах сепарации природного газа.

Степень разработанности темы исследования. Использование гелия в экономических и наукоёмких отраслях весьма обширно. В тоже время, что современные объёмы добычи гелия очень далеки от реальных потребностей человечества. Это объясняется тем, что гелийсодержащие месторождения природного газа остаются единственными крупными промышленными источниками этого сырья.

По приблизительным прогнозам до 2030 года ожидается рыночный дефицит гелия. В связи с чем проводится множество исследований направленных на разработку новых методов получения гелия.

Наряду с современными дорогостоящими криогенными технологиями разделения природного газа выделяют мембранные и сорбционные технологии.

В последние десятилетия наблюдается значительный прогресс в развитии фундаментальных и прикладных исследований в направлении создания новых нанопористых материалов, используемых для разделения газовых смесей. В результате этого они нашли применение в задачах обогащения кислорода и водорода, восстановления CO до CO₂ и удаления углекислого газа из технологических смесей [21]. Дальнейшее развитие мембранных технологий и их расширяющееся промышленное применение зависит от разработки новых материалов и их композиций, обеспечивающих высокую селективность при применении их в качестве мембран в газоразделительных системах. Такие технологии отличают высокая эффективность, низкие эксплуатационные расходы, а также простота в употреблении [22–25]. Кроме того, поскольку мембраны не имеют никаких движущихся частей, их работа отличается стабильностью и поддается дистанционному регулированию. Следует также отметить, что при применении мембранных технологий в многоступенчатых системах очистки и обогащения имеется возможность контролировать скорость прохождения отдельных компонент на каждом этапе разделения.

Большинство теоретических исследований связано с применением и развитие классического диффузионного подхода [22–25].

Результаты полученные [26] показывают, что мембранные процессы могут хорошо конкурировать с технологиями термического разделения даже при низких концентрациях гелия. Математическое моделирование мембранного модуля для удаления двуокиси углерода из метанового газа угольного пласта было рассмотрено в [27]. В работе [28] предложена оптимальная структура проектирования мембранных сетей, разделяющих многокомпонентные газовые смеси на основе модели смешанного целочисленного нелинейного программирования. Разработка математической модели для оптимизации мембранных газоразделительных модулей описана в [29]. Математическая модель процесса рециркуляции водорода и использованием мембран была предложена в работе [30]. Результаты [31] свидетельствуют о том, что с помощью палладиевой каталитической мембранной технологии в настоящее время возможна добыча сверхчистого водорода из ископаемых видов топлива. В [32] разработана и реализована математическая модель нестационарных процессов разделения газа, протекающих в каскадах газовых центрифуг в процессе сепарации многокомпонентных изотропных смесей. Проницаемость молекул N_2 , CH_4 , O_2 и CO_2 через молекулярное углеводородное сито была изучена в широком диапазоне давлений в работе [33]. В статье [34] разработана математическая модель проницаемости и эффективной диффузии смешанных газов в стеклополимерных мембранах. Авторами [35] проведено численное моделирование для прогнозирования степени разделения гелия и метана с использованием различных мембран. Повышение эффективности традиционных методов получения гелия, а также анализ новых технологий адсорбции и мембранного разделения газа был рассмотрен [36]. Обзор [37] показывает текущее состояние исследовательской и патентной деятельности в области мембранных технологий выделения гелия. Результаты работы [38] показывают, что полимерные мембраны могут осуществлять различные стадии получения и очистки гелия в смесях природного газа. В работе [39]

приводится оценка потенциала гидроксидалитовых мембран для сепарации гелия из природного газа. Авторами статьи [40] продемонстрировано, что пористый силицен можно использовать в качестве эффективной мембраны для получения гелия. В [41] описывается создание изолированных частиц углерода путем тушения плазмы аргона с помощью гелиевых импульсов. В [42] показывается, что пористый углерод может быть получен посредством химической активации, а также с помощью шаблонов из различных материалов, обеспечивающих генерацию иерархических пор. В [43] были синтезированы полые углеродные сферы с билюдальными мезопорами. Основными способами создания этих полых сфер являются жесткие [44,45] и мягкие [46-48] шаблоны.

Вопросы математического моделирования проницаемости на базе молекулярно-кинетических моделей рассмотрены в работах [49-50].

По оценкам [51] практически половина всех мировых запасов гелия содержится в природном газе нефтегазовых месторождений северо-запада Иркутской области, юга Эвенкии и юго-запада Якутии. В тоже время на сегодняшний момент на территории Российской Федерации единственным производителем и поставщиком гелия является гелиевый завод (ГЗ) ООО «Газпром добыча Оренбург», на котором используют классическую технологию выделения газообразного гелия, состоящую из двух стадий: на первой стадии происходит выделение гелиевого концентрата, содержащего гелий не менее 80 %, на второй – получение гелия высокой чистоты, который содержит гелий не ниже 99,99 % и является товарной продукцией [52].

Авторами [53] был проведён анализ технологий, обеспечивающих извлечение гелия из состава гелийсодержащих природных газов. Показано, что применение криогенного метода выделения гелия наиболее эффективно при производстве СПГ с получением товарного гелия и углеводородных фракций, а также в случаях удаления азота из гелийсодержащего газа с одновременным получением целевых углеводородных фракций. Применение адсорбционного метода целесообразно при производстве товарного гелия из

гелиевого концентрата, в котором содержание гелия превышает 50 об. %. Мембранная технология выделения гелия наиболее эффективна для задач выделения избыточных против рыночной потребности количеств гелия, с целью их направления на долгосрочное хранение в изолированные залежи разрабатываемых месторождений.

Среди отечественных исследований особого внимания достойна работа В.М. Фомина (с соавторами) [54-57]. Ими была предложена технология разделения смеси природного газа на основе поглощения атомов гелия ценосферами. Полученные результаты были экспериментально [58, 59] и теоретически обоснованы. Однако, авторы использовали модель сплошной среды для описания выбранной модели, поскольку ценосферы являются макроскопическими объектами.

Основной идеей мембранных технологий высокой селективности остаётся применение сверхтонких компактируемых слоев, либо наноструктурных элементов. Важно понимать, что и в случае применения ценосфер, и в случае применения мембран режим движения среды может быть принят как свободномолекулярный. Однако с помощью модели континуального распределения по поверхности или объёму можно добиться схожей по всем физическим свойствам модели для расчета селективности мембранных слоёв. Особого успеха в этом вопросе удалось добиться В.Я Рудяку и С.Л. Краснолуцкому [60-64]. При помощи континуального распределения им удалось рассчитать потенциалы взаимодействия молекула-наночастица и наночастица-наночастица. Основные результаты, полученные этими авторами были использованы в настоящей работе при построении теоретической модели проницаемости слоев. Нужно отметить, что полученные результаты имеют высокую достоверность в отношении разделения бинарных газовых смесей.

Так же стоит отметить работу С.А. Новопашина [65] и патент [66], где рассмотрена возможность получения углеродных наноразмерных частиц на

основе метана и углеводородного газа, что позволит синтезировать необходимые мембраны из очищенного метана.

Проницаемость полимерных слоев [67], а также углеродных нанопористых структур [68], изучается в настоящее время преимущественно экспериментальными методами. В работе [69] исследованы смеси He / CH₄, He / N₂ в отношении их эффективного разделения. Представлены опытные данные по селективности разделения для различных полимерных материалов. Работа [70] относится к сорбционным методам разделения. Здесь рассмотрены нанокompозитные мембраны, содержащие открытые углеродные нанотрубки. Представлены экспериментальные данные по величине сорбции H₂, O₂, CH₄ и CO₂ в зависимости от давления в системе. В [71] для создания однородной мембраны используется оксид полифенилина (PPO), содержащий 2% C₆₀. Была определена селективность разделения смесей H₂/N₂, O₂/N₂, CO₂/CH₄, CO₂/N₂. В работе [72] исследуется адсорбция Ar, Kr, Xe на нанотрубках при криогенных температурах.

Описанные выше работы, связанные с выделением легких компонент природного газа, являются весьма дорогостоящими. Поэтому для создания эффективной мембранной технологии более удобным представляется использование теоретического подхода. Представленное исследование носит теоретический характер и описывает математическое моделирование физического процесса взаимодействия молекул природного газа с наночастицами и прохождения через различные наноструктурные материалы.

Цель и задачи исследования. Целью данной диссертационной работы является определение и описание природы взаимодействия молекул и атомов природного газа с углеродными наноструктурами. Для этого была разработана математическая модель нанопористой мембраны и описана модель расчета её проницаемости.

Для достижения заявленной цели решены следующие задачи:

— изучить современные подходы описания молекулярной фильтрации природного газа;

- сконструировать математическую модель пространственной нанопористой мембраны с учетом основных принципов молекулярной динамики;
- определить эффективный радиус взаимодействия алмазных частиц нанопористой мембраны при средней скорости движения молекул природного газа;
- определить минимальное расстояние между наночастицами допускающее возникновение фильтрации атомов гелия и метана;
- изучить проницаемость плотноупакованных углеродных наночастиц уложенных в несколько слоев;
- определить энергию воздействия на молекулу от плоского и сморщенного графенового листа конечных размеров, а также от фуллереновой частицы и нанотрубки;
- разработать модель на основе повторяющейся структуры мембраны для расчета проницаемости метаново-гелиевых смесей.

Научная новизна исследования. Одной из основных целей представленной диссертационной работы было создание теории оценки проницаемости мембран, составленных из углеродных наноструктурных материалов. Важно отметить, что полученные результаты имеют больше теоретический характер, поскольку пока отсутствует законченная теория описания фильтрации природного газа. Автору удалось создать математическую модель описания взаимодействия молекул газовых компонент со сферическими углеродными наночастицами различных размеров и определить основные величины, характеризующие это взаимодействие. Так же стоит отметить, что на основе численного моделирования удалось установить, что коэффициент прохождения гелия через слои составленные из углеродных наночастиц существенно отличается от двухатомных и трехатомных аналогов. При непосредственном участии автора научному коллективу удалось разработать и реализовать методику расчета относительной и абсолютной проницаемости углеродных наноструктур. Так же автору удалось создать модель

наноразмерной бифуркации и оценить проницаемость сложносоставных каналов.

Теоретическая и практическая значимость работы. Как было сказано выше получение гелия является одной из приоритетных задач в нефтегазовой сфере в Российской Федерации, поскольку гелий является элементом, используемым во многих современных технологиях. Однако производство гелия осложняется тем, что добывается он только из природного газа, а потому задача разработки экономически эффективной и технически простой технологии его выделения является сложной и важной практической задачей. На сегодняшний день передовыми технологиями разделения газов являются криогенные, сорбционные и мембранные. Среди них именно мембранные технологии наиболее интенсивно развиваются в последние годы. В тоже время их развитие упирается в нехватку теоретических исследований вопросов прохождения молекул и атомов через наноструктурные ультратонкие проницаемые материалы. Полученные результаты могут быть применены как научно-обоснованные рекомендации при разработке технического оборудования установок разделения газовых смесей, а также как являться основой для дальнейших исследований в области молекулярной физики, наномеханики и нанофильтрации.

Методология и методы исследования. В ходе выполнения диссертационной работы для решения поставленной задачи, получения эффективной технологии разделения газовых компонент, для конструирования углеродной мембраны использовались методы классической молекулярной динамики. Основанием для этого служит тот факт, что размеры пор, через которые двигаются пробные молекулы, составляют порядка 10^{-9} метра. При это при нормальных условиях средняя длина свободного пробега молекул оценивается в 10^{-7} метра, что делает режим их движения свободномолекулярным.

Кроме того, для описания межмолекулярного взаимодействия была взята модель описания энергии частицы с использованием модифицированного потенциала Леннард-Джонса. В свою очередь для

повышения точности результатов использовался метод Рунге-Кутты 4 порядка точности.

Положения, выносимые на защиту:

1. Математическая модель взаимодействия сферических углеродных наночастиц с компонентами природного газа.
2. Методика расчета эффективного радиуса и селективности нановолокнистых материалов.
3. Результаты численного моделирования проницаемости наноразмерной бифуркации.
4. Результаты численного моделирования проницаемости алмазного нанополотна.

Апробация результатов работы. Результаты полученные в процессе исследования были представлены на конференциях: VI Всероссийская научная конференция с международным участием «Теплофизические основы энергетических технологий» (Томск, 13-15 октября 2015 г.), Global Conference on Polymer and Composite Materials (16–18 мая 2015, Beijing, China), всероссийская молодежная научная конференция «Все грани математики и механики» (Томск, 25-28 апреля 2017 г.), III Международная конференция по актуальным проблемам физики поверхности и наноструктур (Ярославль, 9-11 октября 2017 г.), XV Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук» (Томск, 24-27 апреля 2018 г.).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников литературы включающего в себя наименования на русском и английском языках, а также приложений.

Во **введении** описана актуальность выбора темы диссертационного исследования, приведен обзор современного состояния науки в выбранной области, обозначены цели и задачи, сформулирована научная новизна исследования, определена теоретическая и практическая значимость, указаны

положения, выносимые на защиту, приведено краткое описание структуры диссертации.

В **первом разделе** описаны современные способы получения и применения аллотропных модификаций углерода. Современная наука далеко продвинулась в изучении и описании способов получения и применения различных форм углерода. Наиболее точной классификацией на сегодняшний день является деление веществ и материалов на основе химической связи, которая в свою очередь определяется гибридизацией электронных орбиталей. SP^3 валентное состояние характеризуется тетраэдрической формой конструкции. Следующее SP^2 валентное состояние описывается тригональной моделью и наблюдается в органических соединениях с двойной связью. Ещё одно SP -валентное состояние характеризуется диагональной формой расположения и наблюдается в таких веществах как ацетилен, карбин, синильная кислота и др. Особое внимание в данной работе было посвящено тем модификациям углерода, которые участвовали в моделировании взаимодействия с компонентами природного газа.

Во **втором разделе** посвящен изучению различных методов описания межмолекулярного взаимодействия, приведены способы и границы их применимости. Из имеющихся в научно-исследовательской литературе моделей за основу была взята модель потенциала Леннарда-Джонса в модификации предложенной В. Я. Рудяком и С. Л. Краснолуцким. На основе данного потенциала разработана математическая модель взаимодействия компонент природного газа с системой сферических углеродных наночастиц.

В **третьем разделе** на основе законов молекулярной динамики сформулирована постановка задачи об определении проницаемости наноразмерных каналов различной формы составленных сферическими наночастицами.

Полученные результаты дают основание полагать, что в результате взаимодействия молекул метана и атомов гелия с углеродными

наноструктурами не возникает явно выраженных сорбционных зон. Движение пробных молекул через организованные искривленные поверхности незначительно отличается от случая прямолинейного канала. В тоже время с точки зрения селективности, полученные результаты достаточно хорошо согласуются. В целом, следует отметить, что каналы шириной в 1 нм составленные сферическими алмазными наночастицами являются непроницаемыми для молекул метана и проницаемыми для атомов гелия.

В четвертом разделе проведено исследование проницаемости нанопористых структур с использованием метода эквивалентного однородного слоя. Проинтегрировав энергию парных взаимодействий по поверхности наноструктуры можно получить среднее значение потенциала взаимодействия по поверхности слоя для рассматриваемой компоненты газа. С учетом найденного соотношения можно провести численное моделирование движения пробной молекулы перпендикулярно слою.

Проведенные расчеты показали, что при достижении определенной наименьшей скорости при которой наблюдается прохождение газовой компоненты через нанопористый материал наблюдается восстановление мгновенных значений скоростей после прохождения канала. Кроме того, при увеличении скорости движения пробной молекулы также сохраняется селективность в отношении сконструированной мембраны. Поэтому, зная минимальную скорость при которой возникает прохождение молекул через структуру можно определить долю молекул, проходящих через укладку, путем интегрирования распределения Максвелла по скорости от ее наименьшего значения до бесконечности.

Для полотна, выполненного из алмазных нанонитей диаметром 0,7 нм показано, что не происходит накопления газовых компонент в потенциальных ямах структуры. Таким образом, рассматриваемая идеальная углеродная структура является «чистой». Это позволяет надеяться, что режим фильтрации газовых компонент будет кинетическим, а не диффузионным. В этом случае

сетка из алмазных нитей может выполнять функцию основного разделительного слоя нанопористой мембраны. Систематическими расчетами показано, что относительная проницаемость той или иной компоненты, есть доля площади окна проницаемости в общей площади ячейки полотна.

В **заключении** описаны основные результаты и выводы, сделанные на основании проведенного исследования.

Публикации автора по теме диссертации:

Статьи, опубликованные в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК:

1. М.А. Бубенчиков, А.В. Уколов, Р.Ю. Уколов, С. Жамбаа О селективных свойствах наноразмерной бифуркации. 2018. Вестник Томского государственного университета, № 51.
2. М.А. Бубенчиков, А.В. Уколов, А.В. Лебедев Исследование проницаемости углеродного нанополотна. 2018. Вестник ТГУ. В печати.

Публикации в других научных изданиях:

1. Bubenchikov M.A., Bubenchikov A.M, Usenko O.V., Ukolov A. V. Permeability of ultra-thin amorphous carbon films. 2016. EPJ Web of Conferences Scopus, WoS, SJR 0.142. Volume 110, February 2016, Article number 01078.
2. Bubenchikov M. A., Bubenchikov A.M., Poteryaeva V. A., Ukolov A. V. Helium passage through homogeneous ultra-fine hydrocarbon layers. 2016. AIP Conference Proceedings.
3. M.A. Bubenchikov, A.I. Potekaev, A.M. Bubenchikov, O.V. Usenko, A.V. Ukolov About a permeability of graphene pores. 2015. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 87 (1), art. no. 012111.
4. Уколов А. В. Исследование влияния искривления наноразмерных каналов на проницаемость метаново-гелиевых смесей. 2017. News of science and education, Volume 6 Physics. ISSN 2312-2773.
5. Уколов А. В., Уколов Р. Ю., Ляпин А. Н. Движение молекулы в извилистых наноразмерных каналах. 2017. Сборник статей

всероссийской молодежной научной конференции «Все грани математики и механики». ISBN 978-5-94621-623-4.

6. A. Ukolov «Investigation of influence of the curvature of nanoscale channels on the permeability of methane-helium mixtures», III International Conference on modern problems in physics of surfaces and nanostructures. 2017. Book of abstract. Yaroslavl, Russia.
7. Уколов А.В., М.А. Бубенчиков Исследование проницаемости углеродного нанополотна. 2018. Сборник трудов XV международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук». Томск, Россия.

Отчет о проверке на заимствования №1

Автор: Уколов Антон Вадимович ukolov33@gmail.com / ID: 1289274

Проверяющий: Уколов Антон Вадимович ukolov33@gmail.com / ID: 1289274)

Отчет предоставлен сервисом «Антиплагиат»- <http://www.antiplagiat.ru>

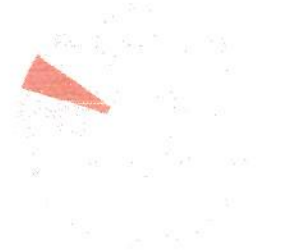
ИНФОРМАЦИЯ О ДОКУМЕНТЕ

№ документа: 28
Начало загрузки: 01.06.2018 06:42:42
Длительность загрузки: 00:00:00
Имя исходного файла: На проверку
Размер текста: 317 кБ
Символов в тексте: 24751
Слов в тексте: 2901
Число предложений: 212

ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОТЧЕТЕ

Последний готовый отчет (ред.)
Начало проверки: 01.06.2018 06:42:43
Длительность проверки: 00:00:01
Комментарии: не указано
Модули поиска:

ЗАИМСТВОВАНИЯ	ЦИТИРОВАНИЯ	ОРИГИНАЛЬНОСТЬ
4,75%	0%	95,25%



Заимствования — доля всех найденных текстовых пересечений, за исключением тех, которые система отнесла к цитированиям, по отношению к общему объему документа.
Цитирования — доля текстовых пересечений, которые не являются авторскими, но система посчитала их использование корректным, по отношению к общему объему документа. Сюда относятся оформленные по ГОСТу цитаты, общеупотребительные выражения; фрагменты текста, найденные в источниках из коллекций нормативно-правовой документации.

Текстовое пересечение — фрагмент текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника.

Источник — документ, проиндексированный в системе и содержащийся в модуле поиска, по которому проводится проверка.

Оригинальность — доля фрагментов текста проверяемого документа, не обнаруженных ни в одном источнике, по которым шла проверка, по отношению к общему объему документа.

Заимствования, цитирования и оригинальность являются отдельными показателями и в сумме дают 100%, что соответствует всему тексту проверяемого документа.

Обращаем Ваше внимание, что система находит текстовые пересечения проверяемого документа с проиндексированными в системе текстовыми источниками. При этом система является вспомогательным инструментом: определение корректности и правомерности заимствований или цитирований, а также авторства текстовых фрагментов проверяемого документа остается в компетенции проверяющего.

№	Доля в отчете	Доля в тексте	Источник	Ссылка	Актуален на	Модуль поиска	Блоков в отчете	Блоков в тексте
[01]	3,06%	3,06%	Информация к опубликован...	http://chemprom.org	04 Авг 2017	Модуль поиска Интернет	1	1
[02]	0,57%	0,57%	Скачать полнотекстовую ве...	http://journals.tsu.ru	23 Ноя 2016	Модуль поиска Интернет	1	1
[03]	0,42%	0,42%	http://www.rusnauka.com/20...	http://rusnauka.com	03 Авг 2017	Модуль поиска Интернет	1	1

Еще источников: 2

Еще заимствований: 0,7%