

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной деятельности
федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Санкт-Петербургский
государственный архитектурно-
строительный университет»

Королев Евгений Валерьевич



2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» на диссертационную работу

Воробьева Кирилла Александрович на тему:

«Обоснование технологии депонирования углеродсодержащих выбросов шлаками от сжигания твердых коммунальных отходов»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

1.6.21. Геоэкология (технические науки)

1. Актуальность темы диссертации.

Выбросы углекислого газа, образующиеся в результате функционирования предприятий различных отраслей промышленности, существенно усиливают антропогенное воздействие на окружающую среду и становятся глобальной экологической проблемой. Общеизвестно: чтобы избежать наихудших последствий изменения климата, необходимо сокращать выбросы диоксида углерода.

Основным мировым трендом в области утилизации твердых коммунальных отходов (ТКО) является их глубокая сортировка и сжигание на мусоросжигательных заводах (МСЗ) той части отходов, которая не пригодна для повторного использования. При термической переработке твердых коммунальных отходов, в свою очередь, образуется порядка 23–25 % твердых несгоревших остатков от сжигания – шлаков и летучей золы, которые перед захоронением или использованием необходимо дополнительно обрабатывать для уменьшения воздействия на окружающую среду токсичных компонентов.

Отходы сжигания твердых коммунальных отходов в настоящее время определяются как ресурсы, потенциал которых значительно недоиспользуется, но при этом требующие значительных затрат на их безопасное для геосферных оболочек хранение или захоронение. При этом

интерес общественности к их эффективной переработке быстро растет в связи с увеличением количества вводимых в эксплуатацию мусоросжигательных заводов на территории Российской Федерации.

Таким образом, актуальность тематики диссертационной работы обеспечивается необходимостью повышения комплексности использования техногенного сырья в виде остатков от сжигания твердых коммунальных отходов и снижение экологической нагрузки на экосистемы регионов за счет утилизации в одном процессе техногенного газообразного диоксида углерода и техногенных отходов мусоросжигания.

2. Структура и содержание работы.

На отзыв представлена диссертационная работа, состоящая из оглавления, введения, пяти глав основного текста, заключения, списка литературы. Работа изложена на 165 страницах и включает в себя 49 иллюстраций, 40 таблиц и список литературы из 186 наименований. Содержание диссертации разделено на несколько структурных элементов, сущность которых заключается в нижеследующем.

Во введении представлена актуальность выбранной темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследований, показана научная новизна, достоверность и практическая значимость работы, приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе дан анализ современного состояния и перспектив использования твердых отходов мусоросжигательных заводов для снижения углеродсодержащих выбросов, показаны различные подходы в обращении с твердыми коммунальными отходами в Российской Федерации.

Проанализированы статистические данные по образованию, обработке и захоронению твердых коммунальных отходов, изучена структура остатков от сжигания (шлаков и летучей золы), проанализирован их химический и минеральный состав, классы опасности. Исследованы технологии переработки отходов мусоросжигательных заводов, включая методы стабилизации, сепарации и карбонизации.

Сформулированы цель и задачи исследования, направленные на разработку технологии депонирования углеродсодержащих выбросов посредством ускоренной карбонизации остатков от сжигания твердых коммунальных отходов с одновременным снижением их экологической опасности.

Вторая глава отражает результаты комплексного исследования вещественного состава и технологических свойств шлаков и летучей золы, образующихся при термической переработке твердых коммунальных отходов.

Методологическая основа работы включала применение рентгенофлуоресцентного, рентгенофазового и оптико-минералогического анализов, ситового и лазерного гранулометрического методов, дифференциально-термического анализа, а также методов оценки выщелачивания экоконтролируемых элементов. Установлено, что шлаки характеризуются преобладанием частиц крупностью свыше 1,25 мм (до 96,1 %) и содержат активные кальций-силикатные фазы (геленит, акерманит, белит), способные к

гидратации и карбонизации. Летучая зола, обладая тонкодисперсной структурой (80 % частиц <18,9 мкм), отличается повышенным содержанием CaO (39 %), хлоридов, сульфатов и тяжелых металлов (Zn, Pb, As). Выявлено, что минеральный состав золы включает портландит, гидроксихлорид кальция и двухкальциевый силикат, что определяет её высокий потенциал для реакций связывания CO₂. Показано, что результаты фазового анализа подтвердили наличие естественных процессов карбонизации в шлаках, а термодинамические расчеты продемонстрировали возможность интенсификации этих процессов.

В третьей главе проанализированы эколого-гигиенические аспекты утилизации и хранения остатков, выявлено значительное превышение содержания токсичных элементов (Pb, Zn, Cd, As и др.) в золе над ПДК для почв, что подтверждает ее классификацию как опасного отхода. Для шлаков проведены тесты на выщелачивание в водной и ацетатно-аммонийной средах с последующим анализом макро- и микроэлементного состава методом ICP-MS и ICP-OES. Установлено, что концентрации тяжелых металлов в водных вытяжках шлаков (Московского мусоросжигающего завода и Брестского мусороперерабатывающего завода) не превышают ПДК для воды, за исключением лития и вольфрама. Выявлены региональные различия в элементном составе шлаков, обусловленные спецификой исходных отходов и технологий сжигания. Показано, что шлаки обладают низкой миграционной активностью токсикантов, что подтверждает их стабильность и потенциальную пригодность для использования в технологиях ускоренной карбонизации.

В четвертой главе представлены результаты исследования теоретических и практических аспектов секвестрации диоксида углерода шлаками и золой от сжигания твердых коммунальных отходов. Теоретически обоснованы механизмы минеральной карбонизации, включая анализ кинетики и термодинамики реакций гидратации и связывания CO₂ кальций- и магнийсодержащими минералами. Расчет энергии Гиббса подтвердил возможность протекания реакций карбонизации при нормальных условиях (25°C, 1 атм.) с потенциалом связывания 0,17–0,34 т CO₂ на 1 т отходов. Разработана лабораторная установка для изучения улавливания CO₂ в газовых средах, позволившая экспериментально определить влияние времени, влажности, давления, температуры и концентрации CO₂ на процесс. Установлено, что основное связывание углекислого газа происходит в первые 6 часов при влажности 15–25 % (Ж : Т=0,18–0,54). Максимальная степень карбонизации зафиксирована для золы (6,67 % массы), что связано с высоким содержанием реакционноспособных фаз (портландит, псевдоволластонит). Шлаки показали меньшую эффективность (3,57–4,55%), однако их стабильность и доступность делают их перспективными для технологий ускоренной карбонизации. Сравнение с природным серпентинитом (10% связывания) подтвердило конкурентоспособность техногенных материалов.

В пятой главе описаны разработанные автором технологические маршруты комплексной переработки остатков от сжигания твердых коммунальных отходов с одновременным связыванием углеродсодержащих выбросов, предложены инновационные решения для секвестрации диоксида

углерода. Проведено обоснование технологических маршрутов депонирования углеродсодержащих выбросов шлаками от сжигания твердых коммунальных отходов, предложена технология комплексной переработки и использования шлаков от сжигания твердых коммунальных отходов. Представлен расчет потенциала секвестрации выбросов дымовых газов мусоросжигательного завода за счет карбонизации шлаков. Сформирована основа для внедрения низкоуглеродных технологий в промышленность, способствуя снижению выбросов парниковых газов и повышению экологической безопасности обращения с отходами.

Все главы завершаются выводами, в **заключении** представлены основные научные и практические результаты работы.

3. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций.

Согласно положениям новой Климатической доктрины Российской Федерации (Указ Президента Российской Федерации от 26 октября 2023 года № 812 «Об утверждении Климатической доктрины Российской Федерации»), в рамках долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации предполагается достижение с учетом национальных интересов и приоритетов развития не позднее 2060 г. баланса между антропогенными выбросами парниковых газов и их поглощением.

Передовые зарубежные и российские разработки по сокращению выбросов CO₂ промышленных предприятий ведутся в направлении технологий улавливания, утилизации и захоронения углекислого газа (CC(U)S), что позволило бы снижать углеродный след промышленных предприятий и сдерживать рост температуры на планете. Стабилизация концентраций парниковых газов в атмосфере является приоритетной научно-технической задачей Российской Федерации (распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 октября 2021 г. № 3052-р).

Хранение и переработка отходов является одной из актуальных экологических проблем Российской Федерации, требующей скорейшего решения. Данная отрасль в нашей стране пока находится в стадии становления и актуальность ее создания подтверждается принятой в 2018 году «Стратегией развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года». Скопление на территории Российской Федерации большого количества промышленных и бытовых отходов имеет ряд негативных последствий: из хозяйственного оборота выведены большие площади земель; опасность проникновения загрязняющих веществ из хранилищ в грунтовые воды и в поверхностные водоемы; выделение метана на свалках; низкая степень вторичного использования ресурсов; невозможность учета воздействия на окружающую среду.

Диссертационная работа согласуется с приведенными выше направлениями развития Российской Федерации на ближайшую перспективу и внесет вклад в сокращение выбросов CO₂ в атмосферу и снижению выбросов парниковых газов.

Степень достоверности научных положений и выводов обеспечивается применением современной приборной базы, апробированных методов анализа и статистической обработки фактического материала, представительностью исходных данных, использованием общепринятых критериев оценки полученных результатов. Обоснованность выносимых положений подтверждается согласованностью выводов теоретического анализа и данных эксперимента, удовлетворительной сходимостью результатов измерений и экспериментальных исследований.

По теме диссертационной работы опубликовано 23 научные работы, в том числе: 9 статей в журналах из перечня ВАК Минобрнауки РФ, из них 3 по специальности 1.6.21 Геоэкология (технические науки), 4 статьи в изданиях, входящих в Scopus и/или Web of Science, а также в сборниках конференций и журналах, размещенных в национальной библиографической базе данных РИНЦ, научная новизна подтверждена патентом на изобретение РФ.

Научные положения, выводы и рекомендации диссертационной работы имеют существенное значение для развития соответствующей отрасли знаний.

4. Научная новизна.

1. Теоретический потенциал карбонизации шлаков и золы, рассчитанный по данным химического анализа, минералогических исследований фазового состава и фактического потенциала связывания диоксида углерода на уровне 47–79 кг CO₂ на 1 тонну сухого вещества, определенный экспериментально, доказывает возможность полезного использования остатков от сжигания твердых коммунальных отходов в технологии секвестрации или депонирования углеродсодержащих выбросов.

2. Разработана методика, позволяющая на специально изготовленной модельной установке экспериментально изучить улавливание диоксида углерода природными и техногенными материалами в газовых средах, установить оптимальные параметры процесса ускоренной карбонизации и определить фактический потенциал связывания диоксида углерода различными материалами.

3. Установлены зависимости степени карбонизации золы и шлаков от сжигания твердых коммунальных отходов от вещественного состава отходов и основных параметров процесса ускоренной минеральной карбонизации: времени гидратации и времени карбонизации, температуры, концентрации и давления газа, соотношения жидкой и твердой фаз.

4. Сформирован научно-методологический подход разработки технологических решений по секвестрации углеродсодержащих выбросов шлаками от сжигания твердых коммунальных отходов, основанный на расчете теоретического потенциала карбонизации по данным химического анализа, детальных минералогических исследованиях фазового состава, оценке потенциальной опасности выщелачивания экоконтролируемых элементов по содержанию тяжелых металлов и микроэлементов в водных и буферных вытяжках, экспериментальном определении фактического потенциала связывания диоксида углерода.

5. Впервые разработана схема технологических маршрутов переработки техногенных отходов от сжигания твердых коммунальных отходов и минеральной карбонизации, обеспечивающих наиболее полную обработку и стабилизацию (нейтрализацию) отходов технологических процессов сжигания твердых коммунальных отходов с получением вторичного сырья для производства строительных материалов и снижение экологической нагрузки.

5. Научная и практическая ценность диссертации.

Теоретическая значимость работы заключается в углублении существующих и получении новых научных знаний о вещественном составе и свойствах отходов от сжигания твердых коммунальных отходов, их реакционной способности и активности к связыванию диоксида углерода; в теоретической и экспериментальной оценке секвестрационного потенциала остатков от сжигания твердых коммунальных отходов для технологии ускоренной минеральной карбонизации; в уточнении механизмов и установлении закономерностей гидратации и принудительной карбонизации шлаков и летучей золы. Полученные новые научные знания и практические результаты расширяют и углубляют современные представления о принудительной карбонизации систем на основе остатков от сжигания твердых коммунальных отходов с одновременным связыванием диоксида углерода в стабильные карбонатные комплексы.

Практическая значимость работы состоит в установлении рациональных параметров процесса минеральной карбонизации углеродсодержащих выбросов шлаками и летучей золой от сжигания твердых коммунальных отходов, в разработке развернутой схемы технологических маршрутов комплексной переработки остатков от сжигания твердых коммунальных отходов и одновременного связывания углеродсодержащих выбросов методом минеральной карбонизации. Реализация процессов минерализации выбросов CO_2 путем карбонизации техногенных отходов будет способствовать, с одной стороны, более безопасному хранению, утилизации и вторичному использованию карбонизированных отходов, а с другой стороны – связыванию некоторого количества диоксида углерода и сокращению его выбросов.

6. Значимость полученных результатов для развития соответствующей отрасли науки.

Автором проведено комплексное исследование процессов связывания CO_2 и миграции загрязняющих веществ в отходах мусоросжигательных установок, результаты которого позволили уточнить геохимические трансформации в техногенных геосистемах, развить научное представление о роли карбонизации техногенных субстратов в формировании геоэкологического состояния урбанизированных территорий и замыкании углеродного цикла. Принятые подходы и сформулированные положения способствуют решению фундаментальной проблемы снижения антропогенной нагрузки на биосферу за счет комплексного использования ресурсного потенциала промышленного отходов, а также имеют важное научно-методологическое и практическое значение для ресурсосбережения, санации и

рекультивации земель, утилизации отходов производства и потребления, в том числе возникающих в результате хозяйственной деятельности и эксплуатации жилищно-коммунального хозяйства, их безопасного размещения и хранения. Выводы и рекомендации автора могут служить научной основой для дальнейших исследований и методического обеспечения работ по специальности 1.6.21. Геоэкология.

7. Рекомендации по использованию результатов работы и выводов диссертационной работы.

Полученные в диссертации результаты, оформленные в виде соответствующих методик и развернутой схемы технологических маршрутов переработки техногенных отходов от сжигания твердых коммунальных отходов и минеральной карбонизации, обеспечивающие вариативность выбора маршрута и направленные на формирование методологических основ по внедрению в работу мусоросжигательных заводов безотходных и малоотходных технологий, рекомендуется использовать для перехода к экологической (низкоуглеродной) трансформации отрасли обращения с отходами и реализации имеющихся глобальных климатических проектов.

Разработанная автором принципиальная схема комплексной переработки шлаков от сжигания твердых коммунальных отходов и депонирования ими углеродсодержащих выбросов, обеспечивающая необходимую и достаточно полную обработку и стабилизацию отходов технологических процессов сжигания твердых коммунальных отходов с получением вторичного сырья для производства строительных материалов и повышения экологической безопасности природотехнических систем, предлагается для использования в реальном секторе российской экономики.

8. Замечания.

1. В диссертации не акцентировано внимание на том, сортированные или несортированные отходы поступают на сжигание на тех мусоросжигательных заводах, где отобраны изученные пробы шлаков и золы. Как это отразится на химическом и минеральном составе шлаков и золы с точки зрения содержания в них черных и цветных металлов и класса их опасности? Будут ли металлы извлекаться методами магнитной и/или электростатической сепарации?

2. Автор использует в тексте диссертации и автореферата термины «ускоренная», «принудительная», «минеральная» карбонизация. Они равнозначны? Термины «секвестрация» и «депонирование углеродсодержащих выбросов» равнозначны?

3. Целесообразно было бы в п. 4.4 при определении секвестрационного потенциала природных и техногенных материалов привести сравнение потенциала карбонизации шлака и золы твердых коммунальных отходов не только с природным серпентинитом, а и с другими техногенными материалами, согласно идее диссертации - соутилизации в одном технологическом процессе газообразных и твердых отходов.

4. Каковы области практического применения разработанной

технологии? В каких конкретно условиях, в каких регионах можно ее применять? Каковы перспективы применения технологии ускоренной карбонизации кроме шлаков от сжигания твердых коммунальных отходов? Есть ли в мире примеры практической реализации?

5. Не указано, потребуется ли изменение всей системы сбора, транспортирования, хранения шлака и летучей золы и системы улавливания отходящих газов конкретного мусоросжигательного завода при переходе на данную технологию.

Приведенные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы в целом и могут быть полезны автору при дальнейшей разработке темы.

9. Заключение.

Представленная на отзыв диссертационная работа «Обоснование технологии депонирования углеродсодержащих выбросов шлаками от сжигания твердых коммунальных отходов» выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной и практической ценностью, в полном объеме реализована и отражена в результатах и публикациях. Основные результаты, положения и рекомендации диссертации апробированы и получили одобрение ученых-экологов на международных, всероссийских конференциях и симпозиумах.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации по всем квалификационным признакам: цели, задачам, научной новизне, практической значимости, положениям, выносимым на защиту.

Диссертационная работа и автореферат изложены технически грамотным языком, оформлены в соответствии с требованиями национального стандарта Российской Федерации ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». Автор использовал общепринятую научную терминологию, что делает полученный результат доступным широкому кругу специалистов. Выводы и рекомендации работы изложены четко и лаконично. Структура и содержание автореферата соответствуют основным положениям диссертации.

Диссертационная работа Воробьева К.А. «Обоснование технологии депонирования углеродсодержащих выбросов шлаками от сжигания твердых коммунальных отходов» является законченной научно-квалификационной работой и соответствует пунктам 3; 7 и 17 паспорта специальности 1.6.21 – Геоэкология (технические науки).

Цель работы – обоснование и разработка технологических и технических условий депонирования углеродсодержащих выбросов шлаками от сжигания твердых коммунальных отходов и повторного использования техногенных отходов – достигнута и является основой для внедрения низкоуглеродных технологий в промышленность, способствуя снижению выбросов парниковых газов и повышению экологической безопасности обращения с отходами.

Разработанная автором схема технологических маршрутов переработки техногенных отходов от сжигания твердых коммунальных отходов и минеральной карбонизации позволит обеспечить наиболее полную обработку и

нейтрализацию отходов технологических процессов сжигания твердых коммунальных отходов с получением вторичного сырья для производства строительных материалов и снижение экологической нагрузки.

Все работы по диссертации выполнены автором лично или при его непосредственном участии.

Представленная к защите работа соответствует критериям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Воробьев Кирилл Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21 – Геоэкология (технические науки).

Отзыв на диссертацию рассмотрен и одобрен на заседании кафедры водопользования и экологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», протокол заседания № 06 от «26» января 2026 г. Присутствовали: 19 человек. Результаты голосования: «за» – 19 чел., «против» – 0 чел., «воздержались» – 0 чел.

Декан факультета инженерной экологии и городского хозяйства федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», доктор технических наук, доцент

Ульрих Дмитрий Владимирович

Заведующий кафедрой водопользования и экологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», кандидат технических наук, доцент

Федоров Святослав Викторович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»

Юридический адрес: 190005, Россия, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.

Фактический адрес: Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.

Телефон: +7 (812) 575-05-34.

Адрес электронной почты: rector@spbgasu.ru

Адрес официального сайта в сети «Интернет»: <https://spbgasu.ru>

Учредитель образовательной организации: Министерство науки и высшего образования РФ.



Ульрих Д. В., С. В.
ЗАВЕРЯЮ
Министерство науки и высшего образования
Федеральный центр управления кадров
«26» 01 2026 г.

Сведения о ведущей организации

по диссертации Воробьева Кирилла Александровича
на тему: «Обоснование технологии депонирования углеродсодержащих выбросов шлаками от сжигания твёрдых коммунальных отходов»,
представленной на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 1.6.21. Геоэкология (технические науки).

Полное наименование организации в соответствии с уставом	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»
Сокращенное наименование организации в соответствии с уставом	ФГБОУ ВО «СПбГАСУ», СПбГАСУ, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
Ведомственная принадлежность организации	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Место нахождения	Российская Федерация, Санкт-Петербург
Почтовый адрес	190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., дом 4
Телефон	8 (812) 575-05-34
Адрес электронной почты	rector@spbgasu.ru
Адрес официального сайта в сети «Интернет»	https://www.spbgasu.ru
Кафедра, осуществляющая подготовку отзыва	Кафедра водопользования и экологии
Список основных публикаций работников ведущей организации в соответствующей отрасли науки в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет	<ol style="list-style-type: none"> 1. Intelligent Classification of Stable and Unstable Slope Conditions Based on Landslide Movement / L. Tsang, A. Ghorbani, S.M. Hossein Khatami, D.V. Ulrikh // Journal of Rehabilitation in Civil Engineering. – 2024. - 12(3) – P. 17-31 2. Скорлупа грецкого ореха как перспективный сорбент в очистке поверхностных сточных вод с городских территорий / О.А. Самодолова, Д.В. Ульрих, Т.М. Лонзингер, С.Г. Головина // Градостроительство и архитектура. - 2024. - Т. 14. - № 1. - С. 19–26. 3. Использование отходов водоподготовки в очистке поверхностных сточных вод с селитебных территорий / Самодолова О.А., Ульрих Д.В., Лонзингер Т.М., Головина С.Г.// Приволжский научный журнал. – 2024. – № 2(70). – С. 82-89. – EDN AEQWHU. 4. Оценка эффективности фитоэкстракции при очистке поверхностных сточных вод селитебных территорий от тяжелых металлов / О.А. Самодолова, Д.В. Ульрих, Т.М.

	<p>Лонзингер // Градостроительство и архитектура. – 2025. - Т. 15. - № 3. – С. 54 – 60.</p> <p>5. Комплексная характеристика шлама водоподготовки: химический состав, морфология и фильтрационные свойства / И.В. Суворов, Д.В. Ульрих, Т.М. Лонзингер, В.В. Шабалин // Инновации и инвестиции. – 2025. - № 8. – С. 694-698</p> <p>6. Торф в очистке природных вод. Сравнительный анализ фильтрационных свойств различных типов торфа / И.В. Суворов, Д.В. Ульрих, Т.М. Лонзингер, В.В. Шабалин // Инновации и инвестиции. – 2025. - № 7. – С. 507-511</p> <p>7. Enhancing Mine Blasting Safety: Developing Intelligent Systems for Accurate Flyrock Prediction through Optimized Group Method of Data Handling Methods / X. Ding, M. Hasanipanah, M. Monjezi, R.A. Abdullah, T. Nguyen, D.V. Ulrikh // Natural Resources Research. – 2025. - №34. - pp. 1199–1218.</p>
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------