

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина



*На правах рукописи*

## **ЧИНЬ КУОК ВИНЬ**

# **ГЕОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ, НА ПРИМЕРЕ ВЬЕТНАМА. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ.**

Специальность: 1.6.21. – «Геоэкология» (геолого-минералогические науки)

## **АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель:  
кандидат геолого-минералогических наук,  
доцент Якуцени С.П.

Москва, 2023

Работа выполнена Чинь на кафедре геоэкологии Российского государственного университета нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина.

Научный руководитель:

**Якуцени Сергей Павлович**

кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геоэкологии РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

Официальные оппоненты:

**Мячина Ксения Викторовна**

доктор географических наук, заведующая отделом природно-техногенных геосистем ИС УрО РАН обособленного структурного подразделения ОФИЦ УрО РАН

**Яковлев Евгений Юрьевич**

кандидат геолого-минералогических наук, заведующего лабораторией экологической радиологии ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН

Ведущая организация:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов» (ФГАОУ ВО «РУДН»)

Защита диссертации состоится «28» декабря 2023 г. в 15:00 на заседании диссертационного совета 24.2.364.02 при ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ) по адресу: 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.23, зал заседаний диссертационных советов (каб. 4-73).

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке МГРИ и на сайте ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ)» по адресу: 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.23, <https://mgri.ru/>

Автореферат разослан « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



С.Д. Ганова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Вьетнам – это страна с активно развивающейся экономикой. Развитие топливно-энергетического комплекса является важной целью экономического развития страны.

По оценкам экспертов, во Вьетнаме разведано:

- 45% залежей нефти;
- 32% залежей газа.

Вьетнам заинтересован в разработке месторождений углеводородов и стремится расширить сотрудничество с зарубежными странами по развитию энергетических проектов на континентальном шельфе.

По состоянию на начало 2016 года на шельфе Вьетнама:

- пробурено 97 скважин (поисковых/ разведочных/ эксплуатационных);
- открыто 22 нефтяных и газовых месторождения, из них некоторые введены в разработку с суммарной накопленной добычей - 63 млн. тонн условного топлива.

Изучение геохимического состава нефти Вьетнама имеет стратегическое значение, так как это поможет своевременно выявить углеводородное сырье с потенциально токсичными элементами (ПТЭ), и учесть эти риски при освоении и переработке, путем реализации мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия на окружающую среду.

**Целью диссертационной работы** – интегральная оценка обогащения углеводородного сырья примесями элементов с потенциально токсическими свойствами в нефтегазоносных бассейнах Юго-Восточной Азии, прогноз распространения и управление геоэкологическими рисками их освоения.

**Предмет исследования** – углеводородное сырье, обогащенное ПТЭ.

**Объект исследования** – нефтегазоносные бассейны Вьетнама.

**Основные задачи исследований:**

1. провести анализ изученности проблемы нахождения ПТЭ в углеводородном сырье;
2. определить закономерности формирования углеводородных скоплений, обогащенных примесями элементов с потенциально токсическими свойствами;
3. спрогнозировать распространение скоплений углеводородного сырья с повышенным содержанием ПТЭ на территории Вьетнама в частности и Юго-Восточной Азии в целом;
4. провести оценку геоэкологических рисков освоения углеводородного сырья на территории Вьетнама.

**Фактический материал и личный вклад автора:**

Исследовательская работа основана на материалах, полученных в результате во время проведения практик в производственных организациях СП «Вьетсовпетро» Vietnam Oil and Gas Company (PetroVietnam) и Центра реагирования экологических инцидентов Вьетнама.

Автором проанализированы геологические карты Вьетнама, опубликованные и фондовые материалы, данные об аварийных разливах нефти.

#### **Научная новизна:**

- разработаны и сформулированы принципы ранжирования нефтегазоносных бассейнов Вьетнама по степени геоэкологической опасности их разработки;
- проведены исследования сырой нефти месторождения Белый Тигр;
- выполнена оценка экологических рисков техногенного загрязнения при эксплуатации месторождений нефти и газа Вьетнама;
- разработана модель географической опасности для реагирования и оптимального распределения сил средств ПЛАРН.

#### **Защищаемые положения:**

- 1. Геоэкологическая опасность разработки нефтегазовых месторождений Вьетнама предопределяется пространственным совмещением нефтегазовых бассейнов с массивами гранитов и рудными месторождениями в их обрамлении.**
- 2. Степень геоэкологической опасности разработки нефтегазовых месторождений Вьетнама определяется принадлежностью к той или иной группе нефтегазовых бассейнов.**
- 3. На основе оценки рисков техногенного загрязнения окружающей среды при добыче углеводородного сырья Вьетнама разработаны основные направления мероприятий для управления геоэкологическими рисками.**

#### **Теоретическая и практическая значимость исследования:**

Построенные карты-схемы источников возможного поступления элементов с потенциально токсическими свойствами в нефтегазовые бассейны Вьетнама – основа для прогнозирования распространения скоплений углеводородного сырья с повышенным содержанием ПТЭ и ранжирования углеводородных бассейнов Вьетнама по уровню возможного загрязнения углеводородного сырья токсичными веществами неорганической природы. Опережающие знания о количестве и характере потенциально токсичных элементов углеводородов Вьетнама позволит снизить экологическую нагрузку на окружающую среду и здоровье населения.

#### **Апробация работы и публикации.**

Основные положения диссертации опубликованы в 20 работах, в том числе 13 статей на английском языке и 7 статей на русском языке.

Основные выводы по итогам работы докладывались на конференциях:

- V Всероссийской молодежной научной конференции «Актуальные проблемы нефти и газа» в Институте проблем нефти и газа РАН, 2022 г.,
- Всероссийской научной конференции «Фундаментальный базис инновационных технологий нефтяной и газовой промышленности», в Институте проблем нефти и газа РАН, 2022 г.;
- IX Международной научно-практической конференции Московского государственного областного университета, 2022 г.,

- VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы управления ТЭК-2023» Государственного университета управления, 2023 г.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав и заключения и списка литературы, состоящего из 117 источников. Общий объем работы составляет 120 страниц, включая 35 рисунков, 19 таблиц и 8 приложений. Первое защищаемое положение раскрыто в главе 2, второе защищаемое положение раскрыто в главах 2–3, третье – в главе 4.

#### **Благодарности.**

Диссертационная работа выполнена Чинь Куок Винь во время обучения в аспирантуре в Российском государственном университете нефти и газа имени И. М. Губкина.

Автор искренне признателен руководству и всему коллективу:

- кафедры геоэкологии Российского государственного университета нефти и газа имени И. М. Губкина РГУ, и в первую очередь своему научному руководителю – канд. геол.-минерал. наук, доценту Якуцени С. П., а также д-ру тех. наук., доценту Федашу А. В. и канд. пед. наук, доценту Лобжанидзе Н. Е.,
- кафедры геологии месторождений полезных ископаемых Института минеральных ресурсов Российского государственного геологоразведочного университета имени Серго Орджоникидзе, д-ру. геол.-минерал. наук, профессору Игнатову П. А.

за поддержку и ценные советы при подготовке диссертационной работы.

Хотел бы также поблагодарить:

- Партию и Правительство Вьетнама за предоставленную возможность учиться по стипендиальной программе межправительственного соглашения между Вьетнамом и Россией,
- руководство вьетнамско-российского нефтегазового совместного нефтегазового предприятия «Вьетсовпетро» за возможность пройти обучение в аспирантуре,
- своих друзей и коллег за поддержку на протяжении всего процесса подготовки к защите кандидатской диссертации.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Глава 1. Литературный обзор**

Геотоксикология – это научное направление в рамках токсикологии, изучающее токсичность и потенциальное воздействие природных процессов и «земных материалов», как естественного, так и антропогенного происхождения, на здоровье человека и окружающую среду.

Объекты исследования геотоксикологии – это различные факторы, окружающей человека среды имеющие «земную природу», например пыль, питьевая вода и содержащиеся в ней примеси, морские почвы и донные отложения. Исследования, связанные с воздействием потенциально токсичных элементов углеводородного сырья на здоровье населения и состояние биосферы,

проведены в меньшей степени, чем исследования других аспектов геотоксикологии.

При этом объем промышленной добычи и потребления углеводородов в мире неуклонно растет. Меняются технологии добычи углеводородов, вовлекаются в добычу трудноизвлекаемые запасы, содержащие потенциально-токсичные вещества.

На фундаментальном уровне изучением геотоксикологических свойств углеводородного сырья это выполнено в работах Якуцени С.П., Суханова А. А., Якуцени В. П., Петрова Ю. Э, где внимание уделено РФ и сопредельным странам.

В отношении Юго-Восточной Азии такие исследования не проводились или носят единичный характер. Это означает, что при интенсивной добыче, транспортировке и переработке углеводородных ресурсов в этих регионах существует значительный риск, связанный с использованием углеводородного сырья, содержащего ПТЭ и его негативным воздействием на окружающую среду и здоровье человека.

Особенностью углеводородного сырья и продуктов его переработки с точки зрения воздействия на окружающую среду – широкий ареал их распространения и использования.

Природа связи углеводородного сырья и тяжёлых элементов-примесей, давно интересовала геологов, геохимиков и технологов. Получила даже самостоятельное развитие целая отрасль в геохимии - нафтометаллогения.

Это обусловлено преимущественно:

- агрессивным влиянием многих компонентов-примесей (особенно серы и тяжёлых металлов) на качество товарной продукции и технологические установки/аппаратуру. Это способствовало изучению переработчиками углеводородного сырья.
- некоторые элементы примеси в углеводороды (далее УВ) можно использовать в качестве индикаторов геохимических процессов и решения задач формирования и поиска скоплений нефти и газа в недрах.

Основные интересы исследователей направлены на оценку присутствия в УВ ограниченного числа элементов, главным образом таких, как S, V и Ni, значительно реже - Co, U, Hg, As и совсем редко других, в числе которых многие элементы весьма токсичны. Именно поэтому уровень их изученности в целом остаётся низким.

Таким образом, на фоне сравнительно высокой изученности свойств и последствий воздействий УВ на ОС практически не исследуются токсоопасные элементы-примеси, присутствующие в УВ сырье. При этом количество примесей в УВ сырье будет с годами нарастать, – поскольку по мере исчерпания сравнительно "чистой" лёгкой нефти будет осваиваться тяжелая нефть, обогащенная ПТЭ.

Вьетнам обладает значительными запасами нефти и природного газа, как на континентальном шельфе, так и на суше.

Запасы углеводородных ресурсов Вьетнама составляют:

- нефти  $\approx 4,4$  млрд барр.,
- природного газа  $\approx$  около 600 млрд м<sup>3</sup>.

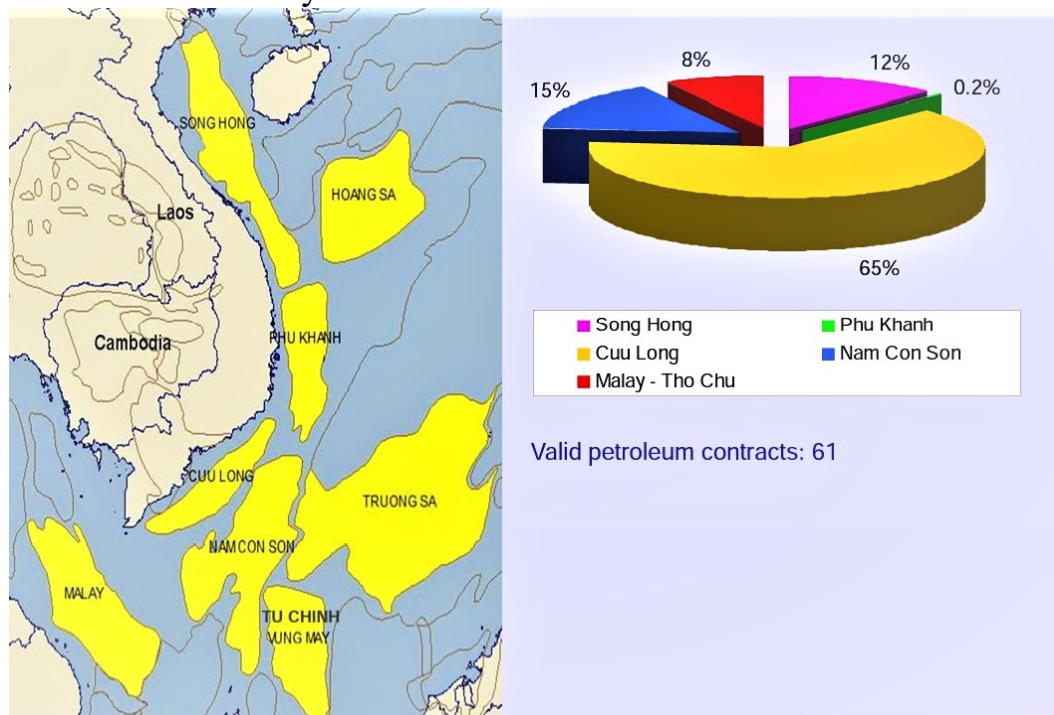
Активные геологоразведочные работы позволяют Вьетнаму поддерживать высокий уровень соотношения ресурсов к добыче. При текущем уровне добычи запасов Вьетнаму хватит:

- нефти на 58 лет,
- природного газа – на 74 года.

## Глава 2. Геологическая характеристика недр Вьетнама

Континентальный шельф Вьетнама включает несколько крупных бассейнов третичного периода, углеводородный потенциал которых подтвержден, это (Рисунок 1):

- бассейн Сонг Хонг,
- бассейн Фукхань,
- бассейн Кыулонг,
- бассейн Нам Кон Сон и
- бассейн Малай-Тхо Чу.



**Рисунок 1** Нефтегазоносные бассейны Вьетнама и текущая УВ-продуктивность НГБ (Чинь К. В. по данным литературных источников)

Континентальный шельф Вьетнама является важной частью системы кайнозойских осадочных бассейнов. Бассейны на континентальном шельфе Вьетнама являются рифтовыми и имеют сложную историю развития, которую можно разделить на несколько ключевых этапов (Таблица 1). Характеристика осадконакопления в бассейнах Вьетнама – Таблица 2.

**Таблица 1 История формирования бассейнов на континентальном шельфе Вьетнама (Чинь К. В по данным литературных источников)**

Период	Этап и его характеристика
Поздний мел – эоцен	Предрифтовое поднятие/ начальная фаза рифтогенеза: – столкновение Индийской плиты с Евразийской плитой, что вызвало сдвиговые движения и экструзию Индокитая на юго-восток
Поздний эоцен - олигоцен	Основная фаза рифтогенеза/ начальная фаза расширения дна океана: – мощное рифтогенезирующие событие, которое привело к формированию большинства структурных элементов бассейнов. – деформация в основном экстенсинальной и транстенсинальной.
Ранний-средний миоцен	Региональное опускание/возобновление рифтогенеза: – многие бассейны перешли от рифтового режима к высокоскоростному опусканию, контролируемому термическими факторами. Конец этого периода характеризовался значительными тектоническими событиями, включая межбассейновую инверсию.
Поздний миоцен	Частичная инверсия/региональное опускание): – сжатие – доминирующий процесс и это совместно с системой правых сдвигов к востоку от побережья Вьетнама способствовало современному поднятию бассейна и частичной инверсии в большинстве бассейнов.
Плиоцен-Плейстоцен	Региональное опускание/возобновление рифтогенеза: – тектоническая активность проявилась разнообразно в разных бассейнах, включая малоамплитудные и среднеамплитудные дифференциальные поднятия. Также была фаза активизации рифтогенеза, связанная с расширением глубоководных бассейнов.

**Таблица 2 История осадконакопления в бассейнах Вьетнама (Чинь К.В. по данным литературных источников)**

Период	Характеристика осадконакопления
Палеоцен-эоцен	мощное осаждение отложений в различных средах, включая речные, озерные, береговые равнины и дельты.
Олигоцен	Активно развивались неморские и переходные среды, такие как дельтовые равнины, прибрежные равнины, озерные и устьевые среды. Эти области обладали значительным потенциалом как источники накопления углеводородов в бассейнах Индокитайского региона.
Ранний-средний миоцен	Седиментация происходила параллельно с подъемом уровня моря. Развившиеся рифты привели к быстрому увеличению скорости опускания во всех бассейнах, что спровоцировало регрессию и изменения в системах дельт и прибрежных равнин.
Поздний миоцен	Морская трансгрессия продолжалась, но более медленно. В большинстве южных бассейнов начали формироваться карбонатные платформы вблизи шельфовой кромки.
Плиоцен-плейстоцен	Увеличился приток наносов, что связано с высокими темпами опускания, почти во всех бассейнах. Также произошло быстрое продвижение шельфовой кромки в восточном направлении в котловинах.

Обобщенная информация по нефтегазоносным бассейнам - Таблица 3



**Таблица 3 Характеристика нефтегазоносных бассейнов Вьетнама (Чинь К. В. по данным литературных источников)**

<b>Бассейн</b>	<b>Период формирования</b>	<b>Основные типы ловушек</b>	<b>Покрышки</b>	<b>Нефтематеринские породы</b>
<b>Сонг Хонг</b>	Олигоцен - плиоцен	<input type="checkbox"/> перекатные складки, <input type="checkbox"/> наклонные блоки разломов, <input type="checkbox"/> поднятия фундамента <input type="checkbox"/> карбонатные постройки	<input type="checkbox"/> третичная покрышка	<input type="checkbox"/> олигоценовые озерные нефтеносные сланцы <input type="checkbox"/> олиго-миоценовые дельтовые/параличские газоносные угли/углистые сланцы
<b>Фукхань</b>	Олигоцен - ранний миоцен	<input type="checkbox"/> основные типы ловушек связаны с блоками разломов	<input type="checkbox"/> олигоценовые и миоценовые аргиллиты и аргиллиты с прослоями алевролитов	<input type="checkbox"/> олигоценовые нижнемиоценовые сланцы <input type="checkbox"/> эоценовые сланцы
<b>Кьулонг</b>	поздний эоцен	<input type="checkbox"/> поднятия фундамента, <input type="checkbox"/> перекатные складки, <input type="checkbox"/> наклонные блоки разломов, <input type="checkbox"/> драповые антиклинали и стратиграфические выклинивания	<input type="checkbox"/> нижнеолигоценовыми озерными глинами и нижнемиоценовыми аргиллитами	<input type="checkbox"/> олигоценовые озерные аргиллиты с высоким содержанием Сорг
<b>Нам Кон Сон</b>	Палеоген - ранний плиоцен	<input type="checkbox"/> перекатные складки, <input type="checkbox"/> наклонные блоки разломов <input type="checkbox"/> растяжения, поднятия фундамента и <input type="checkbox"/> карбонатные постройки	<input type="checkbox"/> Олигоценовые, миоценовые прослойки аргиллитов	<input type="checkbox"/> Параличские аргиллиты нижнего миоцена верхнего пострифта
<b>Малай-Тхо Чу</b>	ранний олигоцен - плиоцен	<input type="checkbox"/> наклонные блоки растяжения, драповое замыкание, связанное с растяжением, четырехстороннее падение падения, стратиграфические выклинивания	<input type="checkbox"/> чередование аргиллитов олигоцена и миоцена	<input type="checkbox"/> Отложения угля и аргиллитов верхнего олигоцена и нижнего миоцена

Добываемая нефть с месторождений континентального шельфа Вьетнама:

- легкая, с плотностью в пределах 38,0–40,2 по шкале API,
- низкосернистая (содержание серы от 0,03% до 0,09%)
- количество твердых парафинов небольшое (15% - 28%)

### Первое защищаемое положение

**Геоэкологическая опасность разработки нефтегазовых месторождений Вьетнама предопределяется пространственным совмещением нефтегазовых бассейнов с массивами гранитов и рудных месторождений в их обрамлении.**

Анализ распространения полезных ископаемых Вьетнама (Рисунок 2) и геологического строения Южно-Китайского моря (Рисунок 3) показывает, что расположение многочисленных залежей металлических и полиметаллических и радиоактивных (месторождения урана) полезных ископаемых, образующих ареолы рассеивания совпадают с областью активного сноса к кайнозойским котловинам Восточно-Вьетнамского моря, где находятся нефтегазоносные бассейны Вьетнама.

Проведена модельная оценка нефтегазоносной системы в Шонгхонгском бассейне (Рисунок 4). В данной модели представлен весь цикл процессов формирования первичного керогена, его миграции и накопления в ловушках, что позволяет лучше понять создание нефтегазовых скоплений. Эта модель охватывает весь геологический период образования нефтегазовых месторождений, применительно к Шонгхонгскому бассейну, и может быть адаптирована для исследования других нефтегазоносных бассейнов, включая Кулонгский и другие.

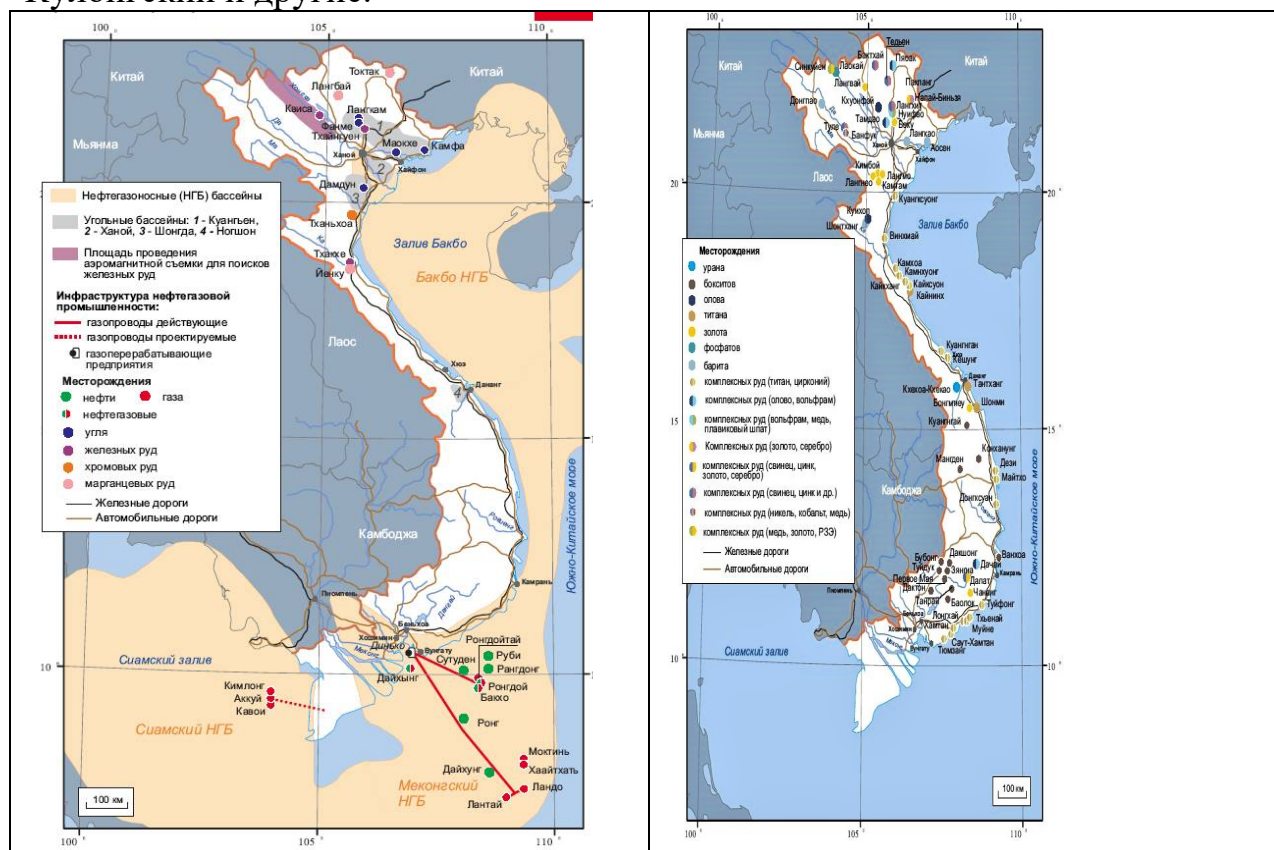
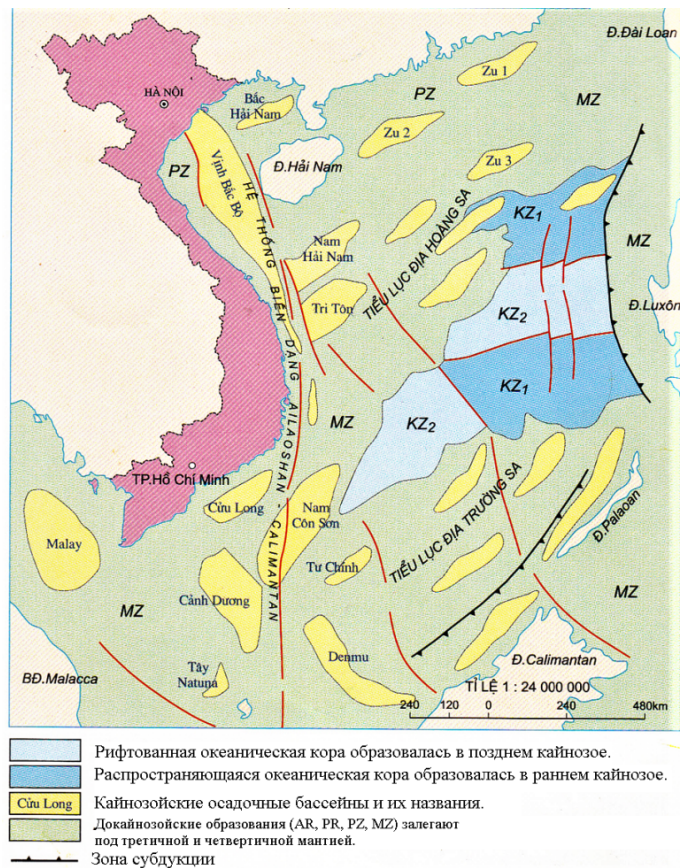
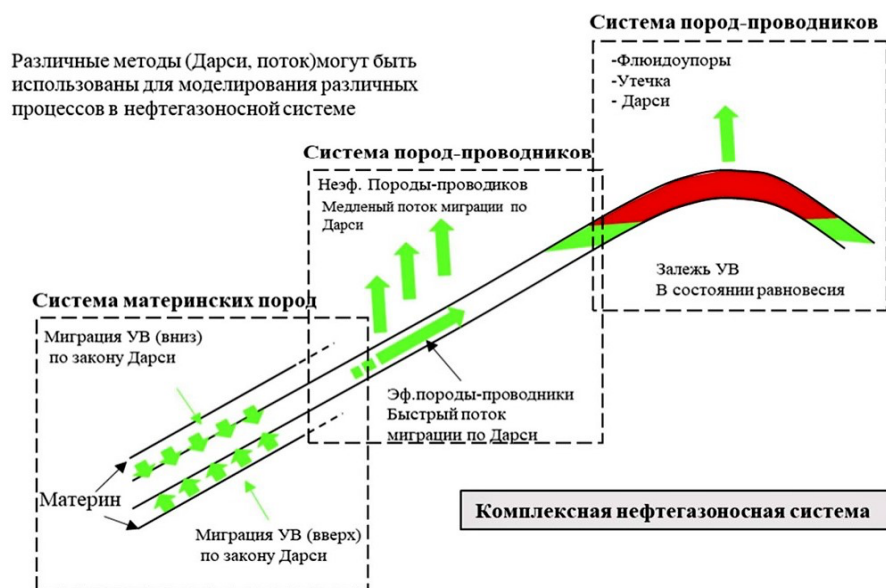


Рисунок 2 Размещение основных полезных ископаемых Вьетнама



**Рисунок 3** Схема геологического строения Южно-Китайского моря и прилегающих бассейнов [31]

Кроме того, она помогает определить, как со временем происходит разрушение углеводородных скоплений. Важно отметить, что данная модель охватывает широкий спектр факторов, включая аккумуляцию потенциально токсичных элементов (ПТЭ), таких как металлические соли, из различных рудных месторождений и металлогенических образований на континенте Вьетнама.



**Рисунок 4** Гибридное моделирование миграции УВ (Чинь К.В., Нгуен Т.Т.)

Так, в Северном Вьетнаме обнаружены месторождения марганцевых руд и хрома. Марганцевые руды присутствуют в офиолитовых комплексах, таких как Шонгма, Шонгда, и Тханьхоа, а также в других районах. На севере страны насчитывается более ста мелких месторождений свинцово-цинковых руд, которые в основном расположены в этом регионе. Эти руды встречаются в различных типах пород, включая карбонатные породы (например, месторождения Тёдьен и Лангхит), вулканогенные породы (Туле, Куаншон), терригенные осадочные породы (Нганшон, Летхый), и зоны региональных разломов.

Золотоносный регион в Южном Вьетнаме связан с позднемезозойскими вулканогенно-терригенными породами, где рудные залежи представлены жильными зонами в песчаниках и сланцах с высоким содержанием сульфидов, таких как пирит, арсенопирит, галенит, сфалерит и халькопирит.

В северо-западной части Вьетнама, в 160 км к западу от города Ханой, находится сырьевая база никеля и кобальта, известная как рудный район Такхоа (Та Khoa). Здесь обнаружено около 30 проявлений сульфидной медно-никелевой минерализации, с возможным наличием кобальта. Эти проявления связаны с массивами глубинных ультраосновных пород северо-западного направления. Также следует отметить наличие месторождений урана в центральной части Северного Вьетнама.

При разрушении коренных гранитов, образуется широкий ряд микроэлементов. Химический состав прибрежных россыпей, сформированный продуктами разрушения – Таблица 4.

**Таблица 4 Химический состав некоторых прибрежных россыпей (%)**

	Кат Хан	Кай Ан-Ком Сюэн	Куанг Нган	Хам Тан	Ком Нханг	Донг Суан	Муй Не
TiO <sub>2</sub>	47,25	53,30	50,37	53,17	47,57	51,57	50,06
FeO	-	29,38	28,72	21,81	35,66	31,45	24,40
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	48,51	11,50	11,59	19,22	9,40	11,85	18,68
MnO	-	0,85	0,82	4,05	0,73	0,68	1,12
MgO	-	0,10	0,17	0,24	0,22	0,24	0,22
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	0,05	0,21	0,04	0,12	0,12	0,04

Принципиально важно отметить, что в УВ сырье в регионе содержатся существенно большие количества ряда элементов, таких как U, V, Ni, Mo, As, Re, Se, Co, Hg и другие. Эти элементы являются ключевыми в металлогенезе Вьетнама и смежных областей

Таким образом, геоэкологическая опасность разработки нефтегазовых месторождений Вьетнама предопределяется пространственным совмещением нефтегазовых бассейнов с массивами гранитов и рудных месторождений в их обрамлении.

Основанием такого вывода служит:

- минералогия кристаллических пород фундамента и сформированного на нём осадочного чехла;
- возможность сноса, обогащённого металлокомплексами и иными ПТЭ вещества фундамента и осадочного чехла к основным зонам осадочных отложений и НГБ шельфа Вьетнама;

- возможность накопления органическим веществом и поступления в породы генераторы керогена ПТЭ;
- интенсивность проявления и время основных этапов нефтегазогенерации.

### **Второе защищаемое положение**

**Геоэкологическая опасность разработки нефтегазовых месторождений Вьетнама определяется принадлежностью к той или иной группе нефтегазовых бассейнов.**

Предлагается следующая классификация нефтегазоносных бассейнов Вьетнама по уровню загрязнения углеводородного сырья ПТЭ, неорганической природы:

- группа А** – с высоким риском загрязнения УВ-сырья ПТЭ, неорганической природы;
- группа В** - со средним риском загрязнения УВ-сырья ПТЭ, неорганической природы;
- группа С** – низким риском загрязнения УВ-сырья ПТЭ, неорганической природы.

Для ранжирования нефтегазовых бассейнов Вьетнама по уровню возможного загрязнения УВ токсичными веществами неорганической природы:

- составлена таблица веществ неорганической природы, которые могут поступать в нефтегазовый бассейн на основании анализ источников возможного поступления потенциально опасных веществ неорганической природы (Глава 3).
- на основании ГОСТ 12.1.007-76 «Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» приведено присвоение веществам, которые могут поступать в нефтегазовый бассейн классов опасности.
- проведено разделение бассейнов на 3 группы, при разделении учитывалось следующее:
  - наличие хотя бы одного вещества 1 класса опасности – **Группа А**;
  - при отсутствии веществ 1 класса опасности и наличия хотя бы одного вещества 2 класса опасности – **Группа В**;
  - при отсутствии веществ 1 и 2 класса опасности - **Группа С**.

Таким образом (**Таблица 5**), для нефтегазовых бассейнов Вьетнама ранжирование нефтегазовых бассейнов Вьетнама можно представить следующим образом:

- группа А** – бассейн *Нам Кон Сон*;
- группа В** – бассейн *Сонг Хонг*;
- группа С** – бассейн *Кыулонг*, бассейн *Фукхань* и бассейн *Малай-Тхо Чу*.

При получении новой информации о веществах неорганической природы, которые могут мигрировать в нефтегазовые бассейны, обогащая их ПТЭ, результаты оценки должны быть пересмотрены и актуализированы сведения о группах нефтегазовых бассейнов Вьетнама по уровню возможного загрязнения углеводородного сырья токсичными веществами неорганической природы.

**Таблица 5 Ранжирование нефтегазовых бассейнов Вьетнама по уровню возможного загрязнения углеводородного сырья токсичными веществами неорганической природы [Чинь Куок Винь]**

Нефтегазоносный бассейн	вещества неорганической природы, которые могут поступать в НГ бассейн	Класс опасности веществ	Группа НГ бассейнов по уровню загрязнения углеводородного сырья ПТЭ, неорганической природы
Сонг Хонг	Железо, Fe	3	группа В
	Медь, Cu	2	
Фукхань	Алюминий, Al	3	группа С
	Марганец, Mn	3	
	Титан, Ti	4	
	Серебро, Ag	нет	
Кыулонг	графит	4	группа С
	Титан, Ti	4	
	Золото, Au	нет	
	Алюминий, Al	3	
Нам Кон Сон	Титан, Ti	4	группа А
	Свинец, Pb	1	
	Кадмий, Cd	1	
	Мышьяк, As	1	
	Кобаль, Co	2	
Малай-Тхо Чу	Никель, Ni	4	группа С
	Железо, Fe	3	
	Марганец, Mn	3	

### Глава 3. Геотоксикологическая оценка углеводородного сырья Вьетнама

В работе по литературным источникам составлены карты источников ПТЭ в нефтегазоносные бассейны Вьетнама (Сонг Хонг, бассейн Фукхань, Кыулонг, Нам Кон Сон и бассейн Малай-Тхо Чу) – Рисунок 5-9.

В таблице (**Error! Reference source not found.**) приведены данные по составу сырой нефти на месторождениях Вьетнама. Результаты анализов нефти ртути и никеля на месторождении Дай Хунг и Белый Тигр подтверждают возможность использования предложенной классификации по ранжированию нефтегазоносных бассейнов Вьетнама по степени геозкологической опасности их разработки

(глава 2): концентрации никеля и ванадия на месторождении Дай Хунг (нефтегазовый бассейн Группы А<sup>1</sup>) практически в 2 раза выше, чем концентрации на месторождении Белый Тигр (нефтегазовый бассейн группы С<sup>2</sup>).

<sup>1</sup> с высоким риском загрязнения УВ-сырья ПТЭ, неорганической природы  
<sup>2</sup> с низким риском загрязнения УВ-сырья ПТЭ, неорганической природы

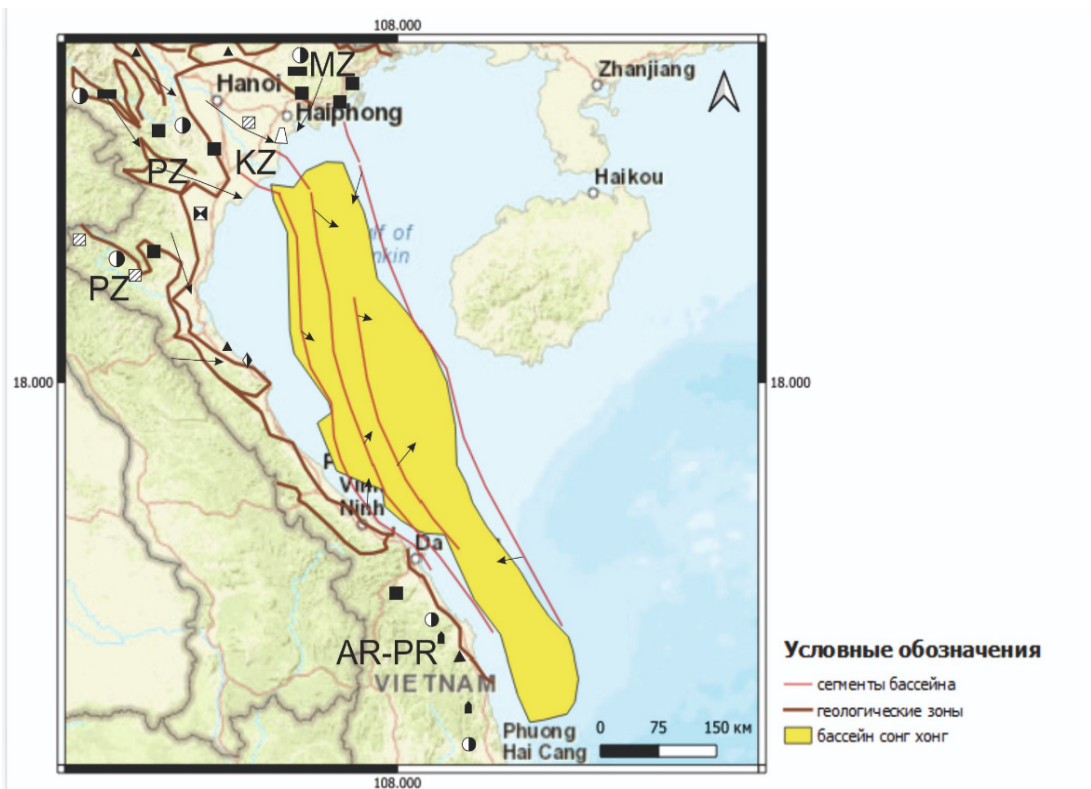


Рисунок 5 Схема источников возможного поступления ПТЭ бассейна Сонг Хонг (Чинь К.В. в программе Qgis)

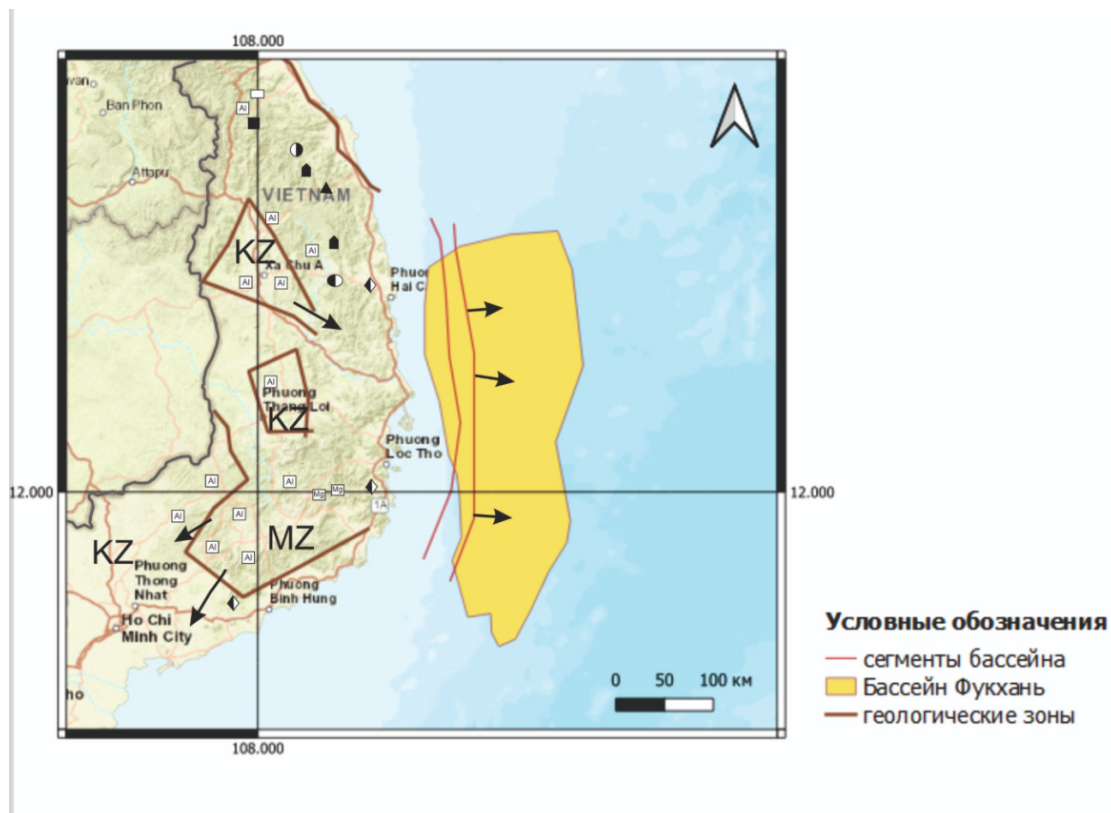
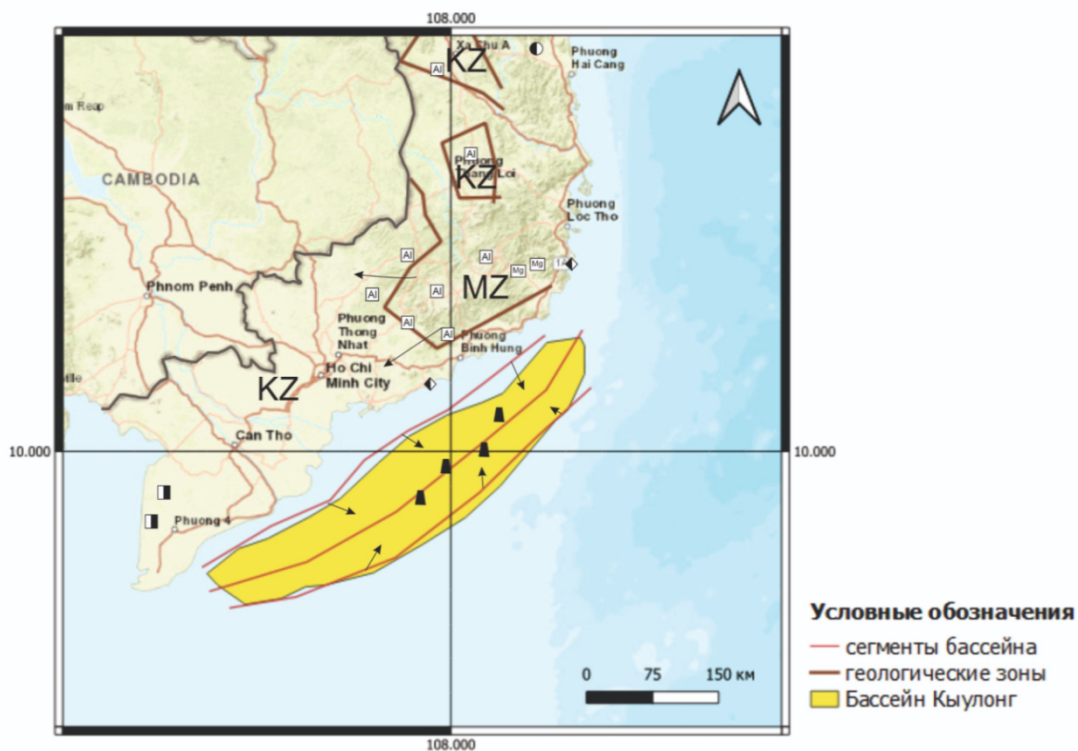
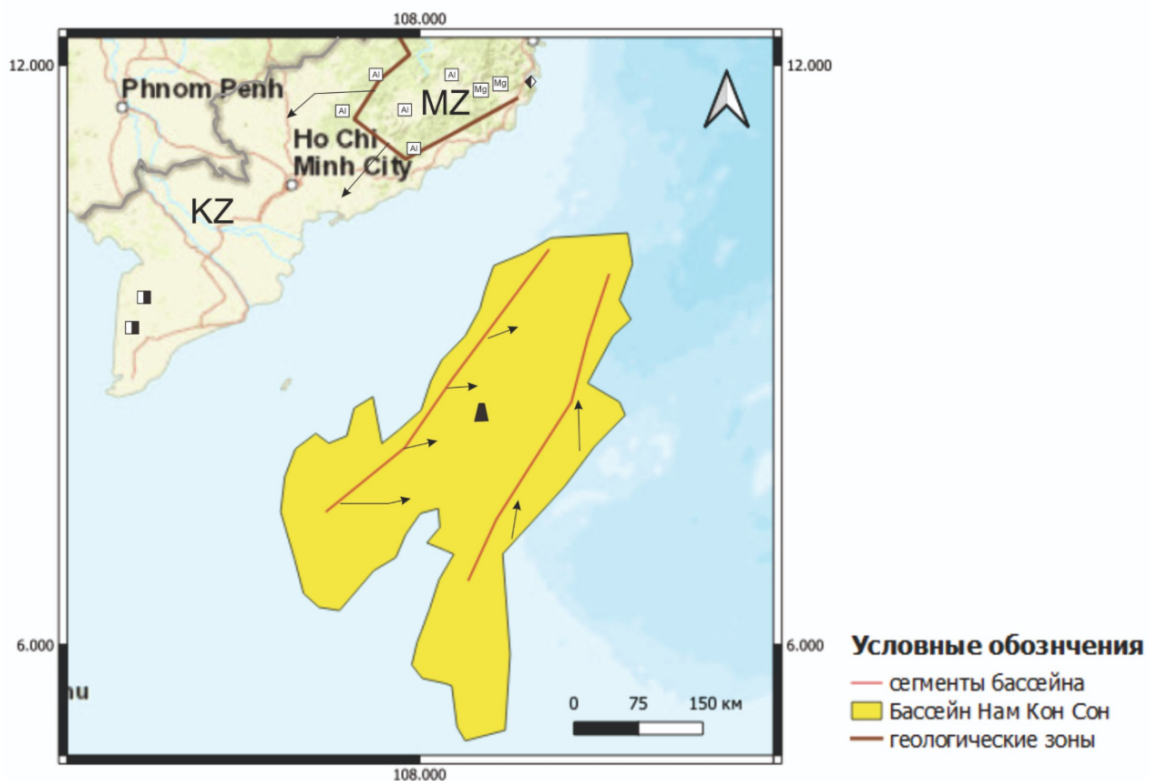


Рисунок 6 Схема источников возможного поступления ПТЭ в бассейн Фукхань (Чинь К.В. в программе Qgis)



**Рисунок 7** Схема источников возможного поступления ПТЭ бассейна Кыулонг (Чинь К.В. в программе Qgis)



**Рисунок 8** Схема источников возможного поступления ПТЭ бассейна Нам Кон Сон Кыулонг (Чинь К.В. в программе Qgis)



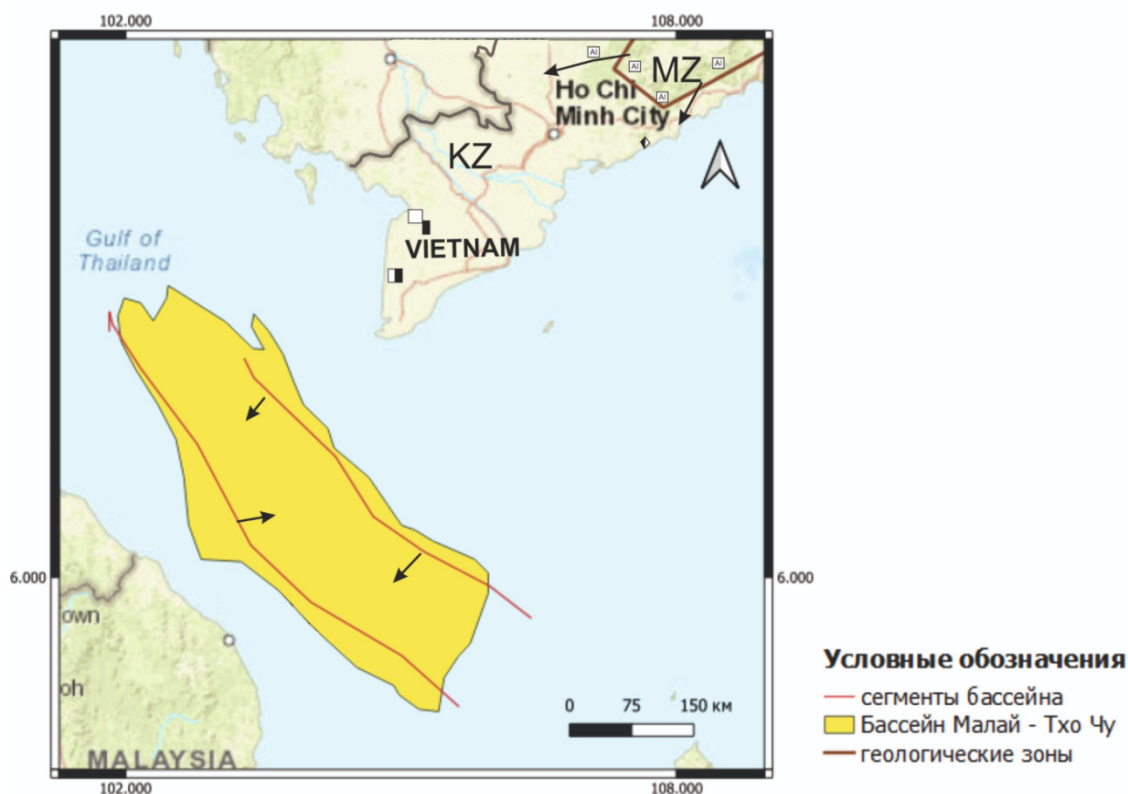


Рисунок 9 Схема источников возможного поступления ПТЭ бассейна Малай-Тхо Чу (Чинь К.В. в программе Qgis)

Таблица 6 Состав сырой нефти блока месторождений Дай Хунг и Белый Тигр (по материалам автора)

Измеряемые показатели, единицы изменения	Значение в сырой нефти	
	Дай Хунг (Нам Кон Сон)	Белый тигр (Кылуонг)
Плотность, API	39,48	35,03
Содержание золы, % масс.	0,010	0,015
Содержание асфальтенов, % масс.	0,05	0,65
Содержание углеродного остатка, % масс.	1,48	3,36
Температура вспышки, °C	-20	-17
Кинематическая вязкость при 500°C	5,437	8,840
Кинематическая вязкость при 700°C	3,601	5,441
Содержание ртути ppbV	51,76	28,28
Содержание никеля, ppmW	8,97	5,14
Содержание ванадия, ppmW	0,51	0,22
Общее содержание азота, % масс.	0,061	0,089
Температура плавления, °C	33	33
Давление насыщенного пара, Па	1,31	0,95
Содержание соли NaCl, мг/л	41,29	28,71
Общее содержание серы, % масс.	0,042	0,077
Кислотное значение, мгКОН/г	0,116	0,182
Содержание воды, %	0,20	0,10
Содержание механических	0,012	0,013

Измеряемые показатели, единицы изменения	Значение в сырой нефти	
	Дай Хунг (Нам Кон Сон)	Белый тигр (Кылуонг)
примесей, % масс.		
Содержание твердого парафина, % масс.	24,3	25,7
Содержание пластика, % масс.	5,99	8,5
К-фактор сырой нефти	12,55	12,40
Содержание углерода, % масс	85,5	85,5
Содержание водорода, % масс	13,7	13,6
Содержание кислорода, % масс	<0,1	<0,1
Содержание кальция, ppmW	11,47	13,33
Содержание железа, ppmW	7,31	5,97

### **Глава 3. Риски техногенного загрязнения окружающей среды при освоении углеводородов Вьетнама**

#### **Третье защищаемое положение**

**На основе оценки рисков техногенного загрязнения окружающей среды при добыче углеводородного сырья Вьетнама разработаны основные направления мероприятий для управления геоэкологическими рисками.**

Автором выделены пять геоэкологических рисков, связанных с добычей углеводородного сырья Вьетнама.

#### **1. Риски загрязнения углеводородного сырья**

Данные риски детально рассмотрены в главе 3. Наличие УВ сырья загрязненного ПТЭ не является основанием для отказа освоения данного сырья, а является основанием для мониторинга (геотоксикологической оценки) на всех этапах жизненного цикла и, при необходимости, дополнительных мер организационного характера.

#### **2. Загрязнения окружающей среды буровым шламом и отработанными буровыми растворами**

В процессе бурения образуются два основных вида отходов – буровой шлам и отработанный буровой раствор.

В зависимости от глубины и диаметра ствола скважины объем отходов бурения, образующихся в каждой скважине, различен.

Сброс отходов бурения, включая буровой шлам, на морское дно оказывает существенное воздействие на окружающую среду и ее обитателей. Так, сброс в море 1 м<sup>3</sup> бурового шлама приводит к загрязнению 5 тыс. м<sup>3</sup> морской воды.

Опасность буровых отходов зависит минералогического состава и свойств горных пород и используемого бурового отхода. Выделяют четыре типа буровых растворов:

- буровой раствор на водной основе (WBDF),
- буровой раствор на нефтяной основе (OBDF),
- буровой раствор на синтетической основе (SBDF)
- пневматический буровой раствор (воздух, туман, газообразная пена).

Анализ международных правил обращения с буровыми растворами в зависимости от вида используемых буровых растворов (Таблица 7).

**Таблица 7 Сопоставление международных правил обращения с буровыми растворами (И-использование, С-сброс в море)**

Состав бурового раствора		Правила и рекомендации по применению бурового раствора в Малайзии	Конвенция OSPAR <sup>3</sup>	Конвенция МЕМАС <sup>4</sup>	Барселонская конвенция
буровой раствор на водной основе (WBDF)	И	разрешен к использованию	разрешен к использованию	разрешен к использованию	разрешен к использованию
	С	Перед выбросом в море необходимо тщательно промыть.	Допускается сброс в море	допускается сброс при отсутствии стойких токсинов	сброс в определенном и одобренном месте.
буровой раствор на нефтяной основе (OBDF),	И	только для решения конкретной проблемы.		не разрешен к использованию	разрешен при наличии свидетельства низкой токсичности
	С	утилизация в море не допускается.	Сброс не допускается.	Сброс в море запрещен.	.
буровой раствор на синтетической основе (SBDF)	И	Разрешен только малотоксичный	Разрешен	Разрешен	Нет данных
	С	Сброс в море запрещен.	Сброс SBDF недопускается. Сброс шлама SBF разрешен на основании НДТ.	Сброс SBDF не допускается. Сброс шлама с разрешения компетентных органов.	Не указан.

Применительно к разработке шельфовых месторождений способы обращения с буровыми отходами можно разделить на 3 вида:

*Закачка отходов бурения в подземные пласты.* Этот способ обращения с отходами бурения считается экологически безопасным методом при качественной изоляции жидких буровых отходов в природных резервуарах под землей. Данная

<sup>3</sup> Oil Spill Prevention, Administration and Response

<sup>4</sup> Marine Emergency Mutual Aid Centre

технология применима при наличии принимающего пласта, а также водоупорных пластов над и под ним, чтобы предотвратить загрязнение грунтовых вод.

- Сбор отходов бурения и вывоз их на берег для дальнейшей переработки (технология нулевого сброса).
- Сброс отходов бурения в море (при условии соблюдения требований по виду бурового раствора).

В настоящее время в морской акватории Вьетнама насчитывается около 340 буровых скважин, предназначенных для разведки и добычи нефти. При строительстве скважин используется, преимущественно, буровой раствор на синтетической основе. По полученной информации обратная закачка отходов во Вьетнаме пока не осуществляется, отходы бурения преимущественно вывозятся на берег.

### 3 Риски аварийных разливов нефти и нефтепродуктов при транспортировке

Основная часть запасов углеводородов в Социалистической Республике Вьетнам сосредоточена на шельфе. Помимо, аварий при добыче нефти на шельфе, аварийные разливы нефти и нефтепродуктов возможны при авариях при транспортировке нефти и нефтепродуктов.

Восточно-Вьетнамское море играет важную роль в глобальной торговле и является потенциальным источником углеводородов, особенно природного газа. Это море является основным маршрутом для перевозки более половины мировых нефтяных танкеров и обслуживает большую часть мирового торгового флота каждый год.

Анализ статистической информации по разливам нефти и нефтепродуктов на шельфе Вьетнама, указывает на тенденцию к росту (**Error! Reference source not found.**), на картах-схемах представлены типичные места разливов нефти во Вьетнаме (**Error! Reference source not found.**).

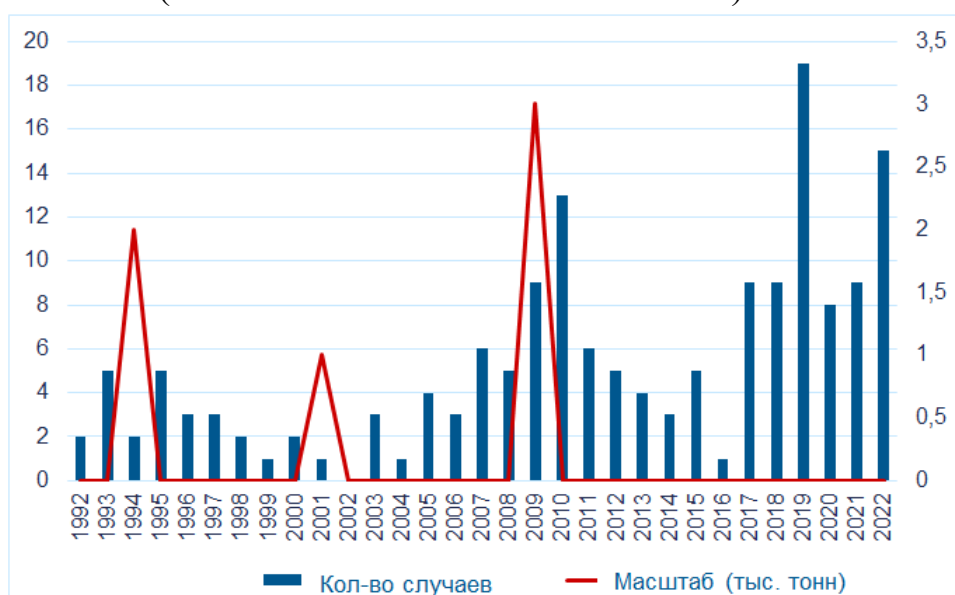
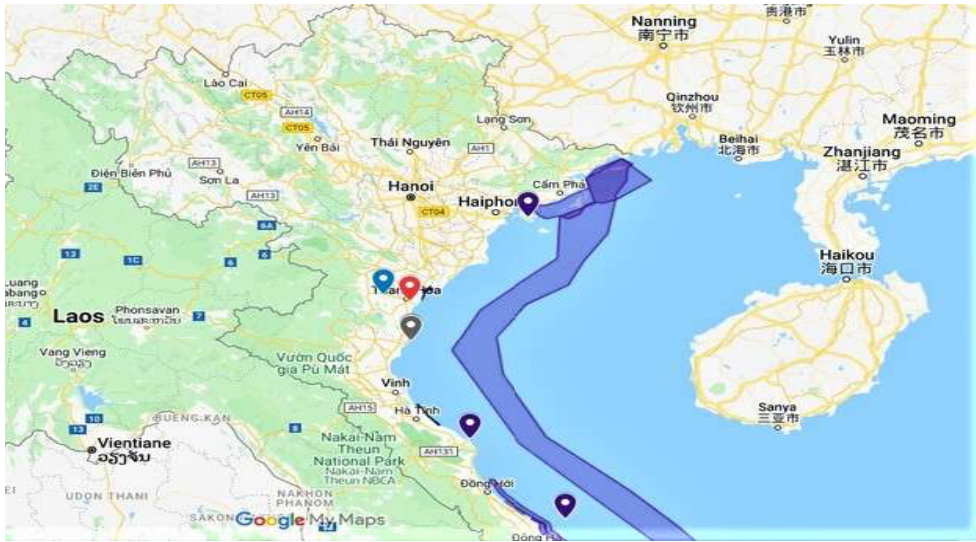
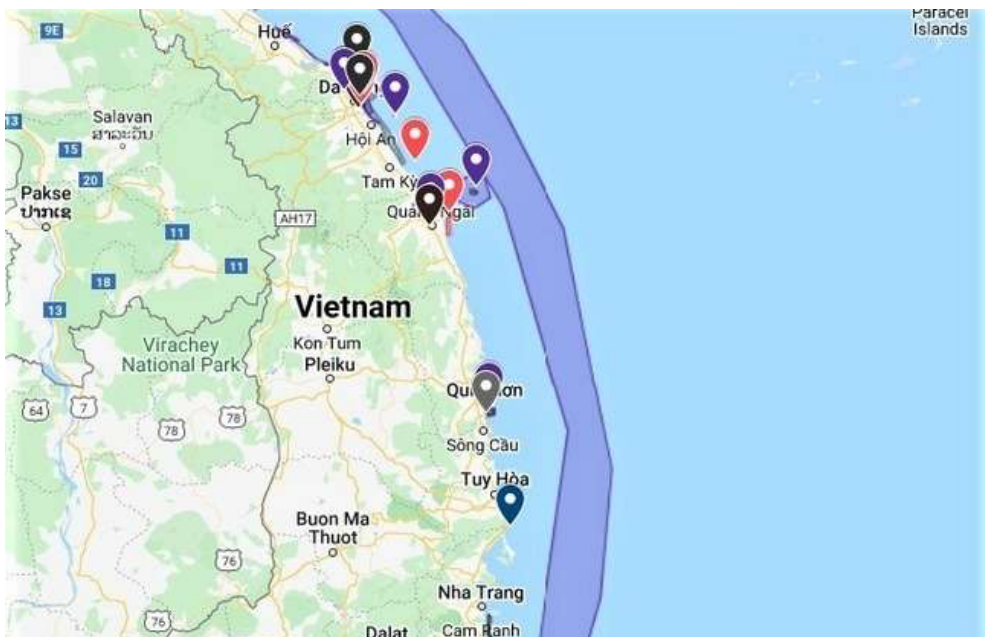


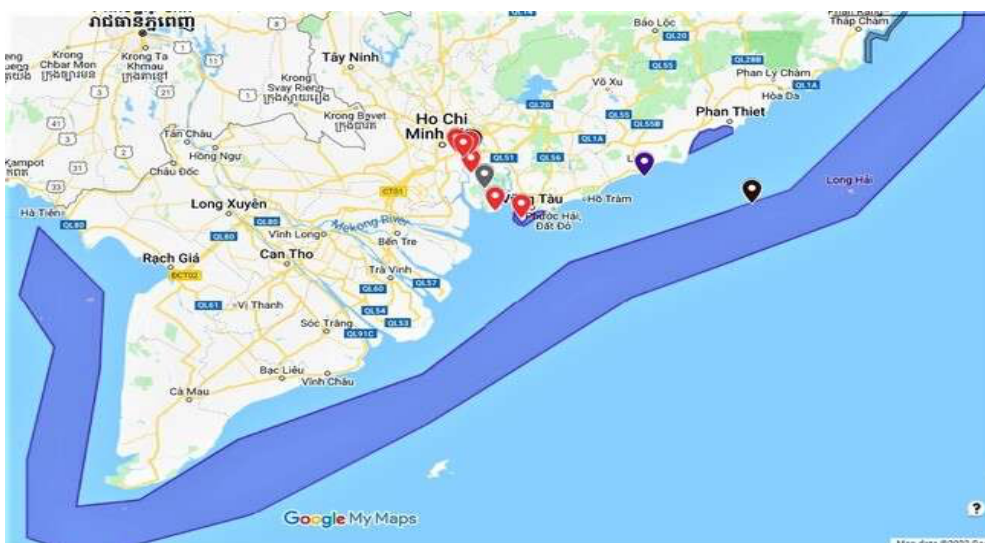
Рисунок 10 Изменение количества разливов нефти во Вьетнаме (в шт., и тыс. тонн разлитой нефти) с 1992 по 2022 гг.



Северный  
Вьетнам



Средний  
Вьетнам



Южный  
Вьетнам

Рисунок 11 Карта-схема распределения типичных мест разливов нефти во Вьетнаме за последние 30 лет (автор Чинь Куок Винь)

#### **4. Риск аварийных ситуаций при эксплуатации морских нефтедобывающих платформ (технологический риск)**

Выделяют следующие группы причин аварий, происходящих на морских буровых сооружениях:

- неконтролируемый выброс нефти и/или газа из скважин;
- нарушение целостности несущих конструкций, а также отказы/неполадки в работе оборудования;
- внешние воздействия техногенного характера (столкновение с морскими судами, падение вертолета, диверсии и др.);
- ошибки персонала (человеческий фактор);
- природные воздействия, не учтенные при проектировании.

Наиболее типичные из них и имеющие потенциальные геоэкологические последствия:

- Выброс из скважин – неконтролируемое истечение жидкости из скважины. Наиболее опасен выброс углеводородной жидкости, но возможны также выбросы бурого раствора, жидкости для закачивания скважины и воды.
- Потенциальные утечки нефти для технологических системы добычи и подготовки нефти к дальнейшей транспортировки могут произойти в результате нарушения герметичности и, в первую очередь через неплотности трубопроводов, соединений, арматуры и аварийные отверстия небольших размеров.

Оценка данных рисков- отдельное направление деятельности. В рамках диссертационного исследования тема затронута вскользь лишь с целью выделения обобщенного риска, имеющего, в том числе и геоэкологические последствия.

#### **5. Риск техногенных землетрясений и последствий связанных с ним**

Ежегодно на земном шаре регистрируется не менее 100 тыс. землетрясений, при этом:

- $\approx 1\%$  из них – вызывает отдельные повреждения,
- $\approx 0,01\%$  – проявляется с разрушительными толчками.

В большинстве случаев причиной землетрясений является движение литосферных плит – тектонические землетрясения.

Другой вид землетрясений – это техногенные землетрясения, с каждым годом % их возникновения увеличивается. Техногенная сейсмичность может быть столь же разрушительна, сколько и природная, поэтому необходимо создать систему прогнозирования подобных событий с целью их предотвращения.

Причины таких техногенных землетрясений:

- длительный интенсивный отбор углеводородов, приводящий к изменению поля напряжений в резервуаре и его окрестности:

При этом установлено, что:

- на месторождениях газа сейсмоактивность наступает через 2-16 лет с начала освоения месторождения,

- на нефтяных месторождениях –через 7-30 и более лет; •
- мощные тектонические напряжения, девиаторная составляющая которых реагирует сильными откликами даже на мелкие воздействия техногенного характера (отбор – закачка жидкости);
- магнитуда техногенной сейсмичности с очагами в пределах резервуаров углеводородов не превышает 3,5 баллов. При наличие различно-ориентированных современных разломов в региональном поле напряжений и очагов землетрясений вне резервуаров - до 5,0 баллов.

Вьетнам расположен в зоне субдукции, где сходятся Евразийская и Тихоокеанская плиты. Эти колоссальные тектонические плиты взаимодействуют вдоль своих границ, что приводит к субдукции и накоплению напряжений в земной коре. В конце концов, когда напряжение превышает прочность горных пород, происходят землетрясения, высвобождающие накопленную энергию.

В целом же на территории Вьетнама интенсивность землетрясений может достигать 7-8 баллов.

Проблема оценки и прогнозирования эколого-геодинамических рисков исключительно сложна. Ее решение требует глубоких знаний во многих областях наук о Земле. В рамках диссертационного исследования тема затронута вскользь лишь с целью выделения данного вида риска, имеющего, в том числе и геоэкологические последствия.

На основе экспертной (качественной) оценки автором проведена оценка риска техногенного загрязнения при эксплуатации месторождений нефти и газа во Вьетнаме и составлена матрица рисков - .



**Рисунок 12 Оценка рисков техногенного загрязнения окружающей среды при эксплуатации месторождений нефти и газа (Чинь К.В.)**

Для управления рисками техногенного загрязнения окружающей среды необходимо разрабатывать и выполнять мероприятия, которые могут включать как организационные, так и управленческие действия. Мероприятия могут выполняться как на уровне государства, так и на уровне

отдельных компаний, участвующих в проекте по добыче, транспортировке, переработке углеводородного сырья.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

При написании работы выполнены все поставленные задачи:

- проведен анализ изученности проблемы нахождения потенциально токсических элементов в углеводородном сырье;
- на основе анализа геологического и тектонического строения недр Вьетнама определены закономерности формирования углеводородных скоплений, обогащенных примесями элементов с потенциально токсическими свойствами;
- сделан прогноз распространения скоплений углеводородного сырья с повышенным содержанием ПТЭ на территории Вьетнама в частности и Юго-Восточной Азии в целом.
- проведена оценка геоэкологических рисков освоения углеводородного сырья на территории Вьетнама.

Таким образом, цель работы – проведение анализа обогащения углеводородного сырья примесями элементов с потенциально токсическими свойствами с целью прогноза распространения такого рода месторождений в нефтегазоносных бассейнах Юго-Восточной Азии и разработки мер по минимизации рисков освоения таких ресурсов – достигнута.

## **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### **Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России:**

1. Чинь К. В. Каримов М. Ф. О текущем статусе и обзор текущего состояния ликвидации разливов нефти во Вьетнаме за 30 лет// Естественные и технические науки, 2022, №8, С.95-106.
2. Чинь К. В. Экологические риски добычи углеводородного сырья во Вьетнаме //Московский экономический журнал, 2022, №11, С.503-508.
3. Чинь К. В., Якуцени С. П. Федаш А. В. Борисов И. В. Проблемы загрязнения окружающей среды нефтешламами // Горный журнал, 2023, №6, С.90-93
4. Чинь К. В., Якуцени С. П. Федаш А. В. Оценка возможностей естественной рекультивации земель, загрязненных потенциально токсичными элементами углеводородного сырья // Уголь, 2023. №4, С.73-77.
5. Чинь К. В., Лавренчук В. А., Экологические проблемы нефтепродуктового загрязнения земель // Естественные и технические науки, 2023, №10 (в печати).

### **Публикации в иных научных изданиях**

1. Чинь К. В., Якуцени С. П. Геотоксикологическая оценка в землепользовании // International agricultural journal, 2022. №6, С. 1186-1200.



2. Чинь К. В. Анализ нефтеразливов в прибрежной морской зоне вьетнама: воздействие и последствия // Сборник трудов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 35-летию ИПНГ РАН, С.188-189.
3. Trinh Quoc Vinh, Sergey Yakutseny Environment risk assessment and issues with hydrocarbon and geotoxicological factors // International Journal of Civil, Mechanical and Energy Science. 2022 №8 (5)<sup>5</sup>.
4. Trinh Quoc Vinh, Sergey Yakutseny, West siberian oil and gas field – metal content of oil and processed products // Mediterranean Journal of Basic and Applied Sciences. 2022 №6<sup>6</sup>.
5. Trinh Quoc Vinh, Sergey Yakutseny, Dinh Tran Ngoc Huy, The primary source of mercury in the subsoil and environmental impacts // Middle East Journal of Applied Science & Technology. 2022 №5<sup>7</sup>.
6. Trinh Quoc Vinh, Sergey Yakutseny, Dinh Tran Ngoc Huy, Reserves of heavy oil and concentrations of toxicants in the environment and environmental impacts // Mediterranean Journal of Basic and Applied Sciences. 2022 №6<sup>8</sup>.
7. Trinh Quoc Vinh, Sergey Yakutseny, Dinh Tran Ngoc Huy, Composition and characteristics in hydrocarbons, oil and gas fields // Mediterranean Journal of Basic and Applied Sciences. 2022 №6<sup>9</sup>.
8. Trinh Quoc Vinh, Sergey Yakutseny, Dinh Tran Ngoc Huy, Environment effects and composition and properties of natural hydrocarbons // International Journal of Civil, Mechanical and Energy Science. 2022 №8(5), P.7-8<sup>10</sup>.
9. Trinh Quoc Vinh, Sergey Yakutseny, Dinh Tran Ngoc Huy, Environment impacts and composition - biotoxic activity in natural hydrocarbon raw materials & processed products // Journal La Lifesci. 2022 №3<sup>11</sup>.
10. Trinh Quoc Vinh, Sergey Yakutseny, Dinh Tran Ngoc Huy, Classical toxicology and main tasks of geotoxicology and analysis of environmental risks in the development of hydrocarbon raw materials // International Journal of Ecosystems and Ecology Science. 2023 №13<sup>12</sup>.
11. Trinh Quoc Vinh, Sergey Yakutseny, Dinh Tran Ngoc Huy, Digital twin of solid mineral deposits, digital twin of subsoil use: is it needed and why // International Journal of Ecosystems and Ecology Science. 2023 №13<sup>13</sup>.
12. Trinh Quoc Vinh, Sergey Yakutseny, Dinh Tran Ngoc Huy, The oil and gas province of the persian gulf, vendian and cambrian oil with underlying

---

<sup>5</sup> <http://dx.doi.org/10.22161/ijcmes.8.5.1>

<sup>6</sup> <http://dx.doi.org/10.46382/MJBAS.2022.6309>

<sup>7</sup> <http://dx.doi.org/10.46431/MEJAST.2022.5401>

<sup>8</sup> <http://dx.doi.org/10.46382/MJBAS.2022.6403>

<sup>9</sup> <http://dx.doi.org/10.46382/MJBAS.2022.6401>

<sup>10</sup> <http://dx.doi.org/10.22161/ijcmes.8.5.2>

<sup>11</sup> <http://dx.doi.org/10.37899/journallalifesci.v3i3.729>

<sup>12</sup> <http://dx.doi.org/10.31407/ijees13.111>

<sup>13</sup> <http://dx.doi.org/10.31407/ijees13.109>

- deposit and transition of metals in oil // Indiana Journal of Agriculture and Life Sciences. 2022 №2<sup>14</sup>.
13. Trinh Quoc Vinh, Sergey Yakutseny, Dinh Tran Ngoc Huy, Analysis of the yaregskaya oil with underlying deposit lower placer with genetic unity, migration consequences and transition of metals in oil // Indiana Journal of Agriculture and Life Sciences. 2022 №2<sup>15</sup>.
  14. Trinh Quoc Vinh, Sergey Yakutseny, Dinh Tran Ngoc Huy, Composition - biotoxic activity and toxic ptes and issues of environment effects // Indiana Journal of Agriculture and Life Sciences. 2022 №2<sup>16</sup>.
  15. Trinh Quoc Vinh, Sergey Yakutseny, Analysis of problems with hydrocarbon and geotoxicology // // Indiana Journal of Agriculture and Life Sciences. 2022 №2<sup>17</sup>

---

<sup>14</sup> <https://doi.org/10.5281/zenodo.7313823>

<sup>15</sup> <https://doi.org/10.5281/zenodo.7311310>

<sup>16</sup> <https://doi.org/10.5281/zenodo.7274430>

<sup>17</sup> <https://doi.org/10.5281/zenodo.7262071>