

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов  
Направление подготовки Экология и природопользование  
Кафедра Геоэкологии и геохимии

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Радиоэкологические проблемы в районах распространения почв с повышенной естественной радиоактивностью</b>

УДК 577.346:574:631.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ41	Злобина Анастасия Николаевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. ГЭГХ	Рихванов Л.П.	Доктор геолого-минералогических наук, профессор		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭПР	Цибулькинова М.Р.	Кандидат географических наук, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Крепша Н.В.	Кандидат геолого-минералогических наук		

По разделу «Обзор англоязычной литературы», выполненному на английском языке

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Межибор А.М.	Кандидат геолого-минералогических наук, доцент		

По разделу «Обзор англоязычной литературы», выполненному на английском языке

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Матвеевко И.А.	Доктор филологических наук, доцент		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ГЭГХ	Язиков Е.Г.	Доктор геолого-минералогических наук, профессор		

Томск – 2016 г.

## Оглавление

Введение .....	5
1 Обзор литературы .....	5
1.1 Природные условия и геологическая характеристика .....	5
1.1.1 Природные условия и геологическая характеристика провинции Гуандун .....	5
1.1.2 Природные условия и геологическая характеристика региона Овернь .....	9
1.2 Источники естественной радиоактивности, поведение радионуклидов в почвах .....	12
1.3 Особенности формирования почв на территории Южного Китая и Центрального французского региона .....	17
2 Объект и методы исследования .....	23
2.1 Пробоотбор и пробоподготовка .....	23
2.2 Методы анализа .....	25
2.2.1 Гамма-спектрометрический анализ.....	26
2.2.2 Инструментальный нейтронно-активационный анализ .....	27
2.2.3 Метод разделения на лёгкую и тяжёлую фракции при помощи бромформа.....	29
2.2.4 Осколочная радиография (f-радиография) .....	30
2.2.5 Электронная микроскопия .....	31
2.2.6 Рентгеноструктурный анализ .....	32
3 Результаты проведенного исследования .....	33
3.1 Минералого-геохимические особенности почв провинции Гуандун.....	33
3.2 Минералого-геохимические особенности почв региона Овернь .....	48
4 Радиоэкологические проблемы в районах с повышенным содержанием радионуклидов в почвах .....	55
4.1 Радоновая опасность.....	55
4.2 Риски для здоровья, связанные с повышенной естественной радиоактивностью .....	61
5 Социальная ответственность.....	65
5.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению .....	67
5.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению .....	74
5.3 Безопасность в чрезвычайных происшествиях.....	77
5.4 Законодательное регулирование проектных решений.....	79
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	81
6.1 План проекта .....	81
6.2 Бюджет проекта .....	84
6.3 Нормы расходов материалов .....	88
6.4 Общий расчет сметной стоимости работ (СМ1).....	89
Заключение .....	90
Список используемых источников .....	94
Приложение 1. The causes of high natural radioactivity in the soils and radioecological problems in areas with highly radioactive soils	
Приложение 2 . Календарный план-график проведения НИОКР	

## Введение

Впервые вопрос о почвах с повышенной естественной радиоактивностью был поднят американским ученым М. Езейнбадом более пятидесяти лет назад [57], однако, на сегодняшний момент почвы с повышенной естественной радиоактивностью и радиозэкологические проблемы в этих регионах изучены не достаточно детально.

На земном шаре существует несколько регионов с высоким содержанием естественных радиоактивных элементов. Примером могут служить почвы района Посус-ди-Калдас штата Минас-Жерайс в Бразилии, почвы острова Ньюе, почвы региона Овернь во Франции, а также почвы из южно- китайской провинции Гуандун.

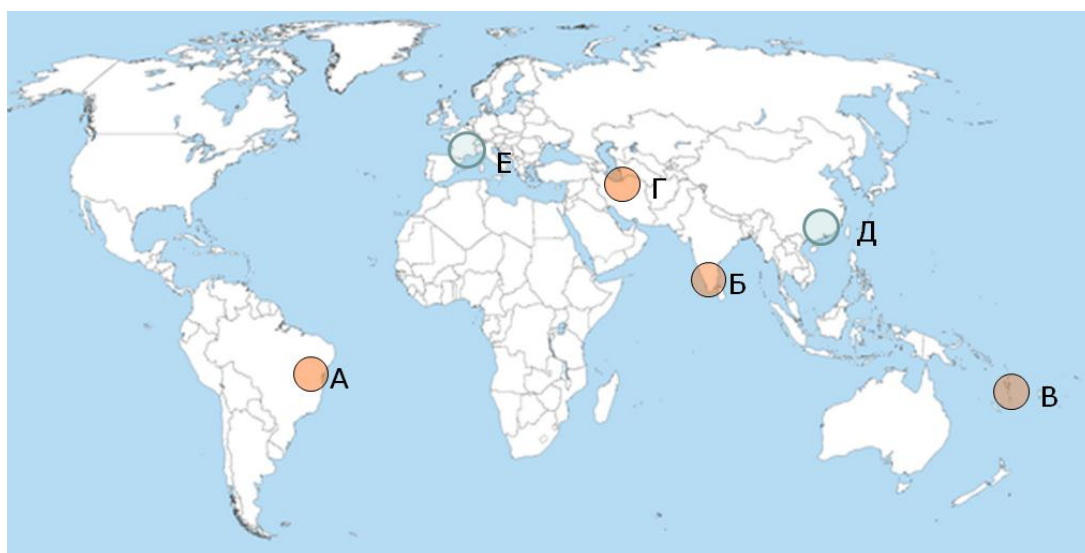


Рисунок 1 – Карта распространения районов с высокорadioактивными почвами. Масштаб 1:20 млн. А -почвы района Посус-ди-Калдас в Бразилии, Б- почвы штата Керала в Индии, В- почвы острова Ньюе, Г- почвы вблизи города Рамсар в Иране, Д- почвы из южно- китайской провинции Гуандун, Е- почвы французского региона Овернь

Целью данной работы является оценка радиозэкологической ситуации на территории провинции Гуандун (Китай) и региона Овернь (Франция) и определение причин высокой естественной радиоактивности почв данных регионов.

В районах развития высокорadioактивных почв возникают радиоэкологические проблемы, связанные в первую очередь с повышенным содержанием радона. Наличие данного газа обусловлено пористостью, влажностью и содержанием урана в почвообразующих породах. Повышенное содержание радона в жилых домах опасно для здоровья людей.

Высокие концентрации радона и повышенное содержание радионуклидов в почве и растениях приводят к необратимым радиоэкологическим последствиям. В регионах с повышенной фоновой радиоактивностью возникают проблемы с хромосомными абберациями и транскациями в клетках организмов, наблюдается учащенная заболеваемость синдромом Дауна у новорожденных. Также отмечается повышенный риск заболеваемости раком легких, саркомой, раком носоглотки. По данным Всемирной организации здравоохранения самый высокий уровень смертности от рака носоглотки отмечен в южных районах Китая. Заболеваемость раком носоглотки в провинции Гаундонг (Китай) колеблется от 18 до 40 случаев на 100.000 населения, для сравнения - в Европейских странах заболеваемость не превышает 4 случая на 100.000 населения [52].

Пробоотбор почв производился в мае 2015 года совместно с коллегами из Китайского геологического университета. Пробоподготовка проходила в лаборатории кафедры Геофизики Китайского геологического университета и в лаборатории кафедры Геоэкологии и геохимии НИ ТПУ.

Автор выражает глубокую признательность научному руководителю, профессору, доктору геолого-минералогических наук, Леониду Петровичу Рихванову за научное сопровождение и методическую помощь, а также профессору, доктору биологических наук, Наталье Владимировне Барановской за помощь и поддержку на всех этапах подготовки работы. Автор благодарит профессора Китайского геологического университета, Нампинг Ван за предоставленную возможность провести исследования почв в провинции Гуандун и получить дополнительные знания по радиоэкологии в Китайском геологическом университете.

# 1 Обзор литературы

## 1.1 Природные условия и геологическая характеристика

### 1.1.1 Природные условия и геологическая характеристика провинции Гуандун

Провинция Гуандун расположена в юго-восточном Китае, омывается водами Южно-Китайского моря (протяжённость побережья – 3368 км). На суше граничит с провинциями Хунань, Цзянси и Фуцзянь, Гуанси-Чжуанским автономным районом, по морю – с провинциями Хайнань и Тайвань, САР Гонконг и Макао. Площадь материковой части – 178 тыс.кв.км, островной – 1600 кв.км. В состав провинции входит 759 островов Южно-Китайского моря. Тропик Рака пересекает среднюю часть провинции с востока на запад.

Административно территория региона делится на 21 округ, 76 уездов, 52 города уездного уровня и 48 районов городского подчинения, находящихся под юрисдикцией народного правительства провинции Гуандун. Административный центр – г. Гуанчжоу (собственно городское население – около 4 млн. жителей, с пригородной зоной – около 13 млн.чел.). К наиболее крупным и экономически развитым городам относятся Шэньчжэнь, Шаньтоу, Фошань, Чжуншань и Чжухай [54].



Рисунок 1.1.1 – Схема расположения провинции Гуандун на карте КНР [54]

Климат на территории провинции субтропический и тропический. Среднегодовая температура +19~24<sup>0</sup>С, июля +28~29<sup>0</sup>С, января +16~19<sup>0</sup>С.

Лето длинное и с обильными дождями, зима теплая. Годовые осадки в среднем составляют 1366 миллиметров, а годовой объем испарения – 1100 миллиметров. Провинция относится к числу влажных зон. Количество часов солнечного освещения в год – 1828 [26]. Ветра, преимущественно, муссонного типа, летом дуют с океана, зимой - с суши. Муссонный климат характеризуется повышенной влажностью в летний период.

Рельеф преимущественно возвышенный, холмы и горы занимают 62% территории провинции. На севере, востоке и западе расположены относительно высокие горные хребты (основные горные цепи: Лофу, Цзюлянь, Цинъюань, Хуаши, Юнькай и др.), большинство из них имеют направление с северо-востока на юго-запад параллельно береговой линии. В центральных и южных районах преобладают невысокие холмы, равнины и плоскогорья.

На севере и северо-востоке его соответственно окаймляют Наньлинский хребет и Уиский хребет, на юге его омывает Южно-Китайское море, протяженность береговой линии составляет 3368 км (не включает береговую линию островов). Высота уменьшается при перемещении по провинции с севера на юг. На севере, востоке и западе провинции расположены относительно высокие горные хребты, центральные и южные районы Гуандуна занимают невысокие холмы равнины и плоскогорья. Холмы и горы занимают около 62 % территории провинции, равнины и плоскогорья — 38 %.

Провинция отличается многообразием флоры и фауны. Естественный тип растительности Южного Китая — тропические вечнозеленые и листопадные леса. Здесь произрастает свыше 10 тыс. разновидностей растений, включая находящиеся под охраной государства (белая и водная ель, плодовые деревья «лунъянь», «личжи» и «гуаньгуан», гуандунская сосна и т.д.). В этих лесах можно встретить пальмы, фикусы, индийскую смоковницу, сандаловое дерево. Самыми распространенными видами являются лавровые, камелии, магнолии, сосны Массона, куннингамии, а также бамбук [54].

На территории провинции обитает более 800 видов диких животных и птиц, в т.ч. редких пород (южнокитайский тигр, снежный барс, белый дельфин и т.д.). В бамбуковых рощах в горах встречаются большая и малая панда, кабарга и другие животные. На более низких ярусах рельефа распространены макак резус и большая цивета. Богата орнитофауна, включающая попугайчиков, кустарниц (тимелии) и многие виды фазанов [54].

По территории Гуандун протекает 640 рек с площадью бассейна более 100 кв.км, они относятся к водным системам реки Чжуцзян (протяженность – 2122 км, 3-я по величине река Китая) и прибрежных рек Гуандуна (Дунцзян, Бэйцзян, Сицзян и Ханьцзян). Дельта реки Чжуцзян славится своим плодородием.

Теоретический объем гидроэнергетических ресурсов провинции оценивается в 10,73 млн. кВт, в том числе мощность установки агрегатов для освоения возможных мощностей водных ресурсов – 6,66 млн. кВт. Доля использованных водных ресурсов составляет 60% [26].

**Геологическое строение района.** Провинция располагается в пределах западной дуги вокруг Тихоокеанского металлогенического рудного пояса. Оно приурочено к складчатому сочленению платформ Янцзы и Южно-Китайской в области поднятия Вуи. Здесь проходит граница вулканогенного континентально-окраинного серебро-полиметаллического пояса, сформировавшегося на докембрийском фундаменте. В региональном плане структура рудного поля контролируется Южно-Китайской складчатой системой и глубинными разломами: Йинг Тан – Ань Юань и Йинг Тан – Руи Чанг. В геологическом строении района принимают участие следующие стратифицированные образования: чехол сложен каменноугольными, пермскими, триасовыми, юрскими, меловыми, и четвертичными породами; фундамент представлен верхнепротерозойскими метаморфизованными отложениями, сложенными породами яруса Шеншань и метаморфической гнейсово-сланцевой толщей синийской системы (верхний неопротерозой). Нижняя часть верхнеюрских терригенных отложений в рудной зоне отличаются

сильной трещиноватостью, заполненной Fe-Mn-карбонатными прожилками, к которым часто приурочены и штокверки Ag-Pb-Zn руд.

В пределах территории рудного поля широко проявлен кислый и, в меньшей степени, субщелочной интрузивный магматизм и его субвулканические аналоги (граниты, гранит-порфиры, кварцевые сиенит-порфиры, калишпатовые гранит-порфиры, риолитовые порфиры). Выделено два этапа развития магматизма: каледонский – кислого и умеренно кислого состава (граниты и гранитные пегматиты) и яньшанский – кислого и щелочного состава, с которым связано образование рудных месторождений района [1].

Территория города Чжухай (рис.1.1.2) и его окрестностей расположена преимущественно на гранитах, порфировых гранитах, монцотитовых гранитов (с равным количеством ортоклаза и плагиоклаза) [69].

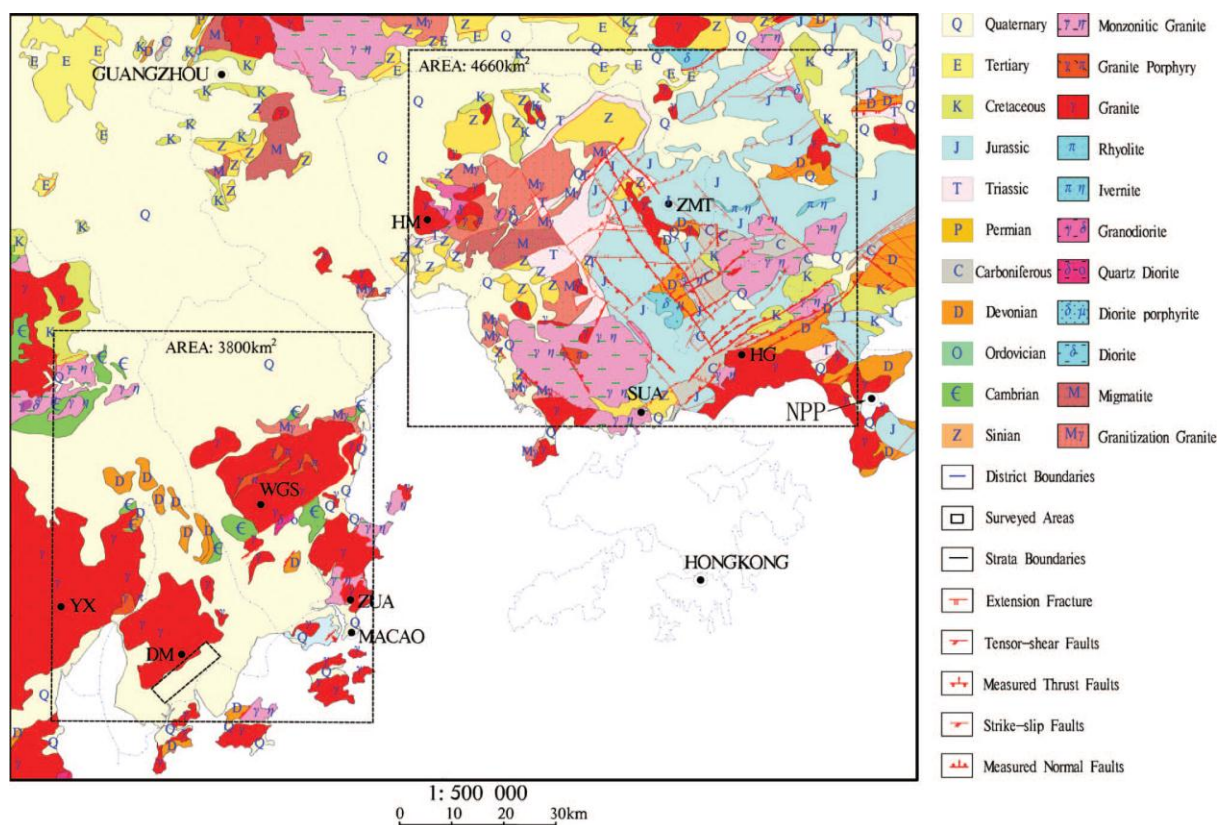


Рисунок 1.1.2 – Упрощенная геологическая карта юго-восточного Китая [69]

Провинция Гуандун – крупнейший в Китае поставщик пиритов, циркония и кремния. Провинция занимает 2-е место в стране по поставкам алюминия и серебра. Запасы шельфовой нефти по оценкам специалистов здесь составляют более 15 млрд.т. Регион располагает полезными ископаемыми.



Обнаружено 116 видов полезных ископаемых, среди них уже разведано 89 видов. Запасы угля, железных руд и серных железных руд составляют соответственно 547 млн. тонн, 553 млн. тонн и 445 млн. тонн. Также в провинции идет добыча торфа, белой глины, германия и теллура [64].

### **1.1.2 Природные условия и геологическая характеристика региона Овернь**

Регион Овернь расположен вокруг Центрального массива. Сердце региона - историческая область Овернь (Auvergne), включающая в себя современные департаменты Ардеш, Канталь, Верхняя Луара и Пюи-де-Дом, а также одноименный горный массив. Большая часть региона лежит на высотах около 1000 метров над уровнем моря. Южная часть региона преимущественно расположена в горах Центрального массива, образование которого датируется концом палеозойской эры, и очертания которого значительно изменились в кайнозойскую эру из-за реакции на подъем альпийского плато.

Климат умеренный, океанического типа. Лето прохладное (средняя температура июля 11—16 °С), зимой морозы и снегопады чередуются с оттепелями (средняя температура января около 0 °С). На наветренных склонах выпадает 1200—1500 мм осадков в год (местами — больше), в котловинах — 500—700 мм. В Центральном французском массиве берут начало многие реки Франции, в том числе Луара, правые притоки Гаронны и Роны. До высоты 1000—1200 м распространены широколиственные (из дуба, бука, каштана) и сосновые леса, выше (до 1400 м) — преимущественно пихтовые, сменяющиеся кустарниками и субальпийскими лугами. Леса сильно истреблены, покрывают 10—15% площади массива, чередуясь с пашнями и лугами. На плато Кос — остепнённые луга, на южном и юго-восточном склонах — кустарниковые заросли типа гариги.

По рельефу регион представляет собой гигантскую карстовую воронку: широкая равнинная часть на севере и узкое ущелье Алье на юге. В Оверни более 80 потухших вулканов. Не менее четверти земель региона сохранили следы былой вулканической деятельности в виде вулканических

массивов (Канталь, Мон-Дор, Шэн-де-Пюи, Санси) и отдельных потухших вулканов неогенового возраста, возвышающихся над плато. Старые кратеры чередуются с более молодыми, а небольшие озера вулканического происхождения окружены лесами, лугами и плато. Вулканы начали формироваться примерно 70 тысяч лет назад. Последнее извержение вулкана произошло здесь около 6 тысяч лет назад. Стены вулканических конусов постепенно разрушались под воздействием воды и ветра, а на поверхности земли остались «вулканические конусы»

Самой высокой точкой Оверни и всего Центрального массива является гора Пюи-де-Санси (Puy de Sancy) высотой 1886 метров [5].

Цетральный массив расположен между речными бассейнами Роны, Гаронны и Луары. Этот горный массив возник на месте древних гор, образованных в герцинскую эпоху складчатости. Характеризуется многократными проявлениями складчатости, гранитного магматизма и метаморфизма. Северная половина массива — Овернское ядро — состоит из кристаллических сланцев, смятых в складки в конце докембрия и пронизанных гранитными интрузиями; с юга оно опоясано Рутено-Лимузенской зоной палеозойской складчатости. Относительно более молодая герцинская структура — юго-восточная часть массива, включающая Монтань-Нуар и Севенны.

Центральный массив (рис.1.1.3) был консолидирован в начале каменноугольного периода, после чего испытал длительную денудацию. В кайнозойскую эру подвергся общему поднятию и был расколот на многочисленные глыбы, став ареной интенсивного вулканизма (цепь вулканов Пюи и др.). В плейстоцене наиболее высокие вершины были покрыты ледниками. В северном и центральном районах базальтовые плато с конусами потухших вулканов чередуются с плоскогорьями и меридионально вытянутыми тектоническими долинами рек бассейна Луары, на юге — карстовые плато Кос, на юго-востоке и востоке — ряд гор и плоскогорий (Севенны и др.), с крутыми ступенеобразными склонами, обращенными к Ронской низменностью и побережью Средиземного моря; на севере — плоскогорья Морван, Лимузен,



Рисунок 1.1.3 – Геологическая карта Франции [5]

Экономическое значение имеют месторождения урановых руд (Лимузен, Форез, Морван). Месторождения приурочены к массивам двуслюдяных гранитов (Сан-Сильвестр и др.) с повышенным содержанием урана, локализируются вдоль крупного разлома Аржан. Представлены серией жил, невыдержанных по мощности (до 4,5 м) и простираются, иногда вблизи даек, образующих рудные столбы и сопровождающихся (месторождения Марньяк и Фане) вкрапленным или штокверковым оруденением (30-40%

запасов).

Рудные жилы осложнены сбросами, прослежены до глубины 300 м; количество металла в них 30-100 т, редко 1000 т; содержание U 0,1-2,5% (в среднем 0,18%). Жилы выполнены брекчией, сцементированной настураном и урановыми чернями с примесью сульфидов и ильных минералов (кварца, халцедона, карбонатов).

Околорудные изменения —гематитизация и развитие "эписиенитов" (результат щелочного метасоматоза). Возраст оруденения 275 млн. лет. В пределах региона расположены месторождения каменных углей (Северны, бассейн Сент-Этьенн), разнообразных строительных материалов; известны минеральные источники (Виши и др.) Минеральные воды Виши относятся к разряду гидрокарбонатно-натриевых вод. В Виши расположено 15 источников, 6 из которых с питьевыми минеральными водами (3 горячих и 3 холодных источника). Температура воды в источниках колеблется от 16° до 75° [5].

## **1.2 Источники естественной радиоактивности, поведение радионуклидов в почвах**

По данным М. Ейзенбада источниками природной радиоактивности могут служить монацитовые пески (штат Керала, Индия, район Посус-ди-Калдас штата Минас-Жерайс в Бразилии) минеральные источники в повышенном содержанием радионуклидов (район Мазендеран, город Рамсар в Иране), а также почвы с повышенной естественной радиоактивностью (почвы острова Ньюе, почвы региона Овернь во Франции, а также почвы из южно- китайской провинции Гуандун) [57].

Уровень радиоактивности минеральных источников лежит в пределах  $10^{-10}$  -  $7 \cdot 10^{-10}$  кюри/мл, что в  $10^6$  раз выше концентрации радиоактивности в источниках общего водопользования. Известно, что в городе Рамсар (Иран) на участке в несколько квадратных километров, где имеются источники с высоким содержанием радия-226 в воде, поглощенная доза в воздухе колеблется от 200 до 5000 мкГр·год, что в 8 - 200 раз выше естественного радиационного фона в других районах мира [61].

Другой источник повышенной естественной радиации – монацитовые пески и радиоактивные минеральные отложения. Монацитовые пески возникают в результате береговых процессов скопления радиоактивных ильменит-циркон-монацитовых минералов – так называемых «черных песков», содержащих естественные радионуклиды (уран, торий, радий). Залежи монацитовых песков на песчаных пляжах проявляются в виде пятен и полос черного цвета. Толщина слоя песка, обогащенного монацитом, обычно не превышает одного метра.

Залежи радиоактивных материалов встречаются в прибрежных образованиях в приморских районах Индии. Особый интерес представляет участок длиной 250 км и шириной 0,5 км на юго-западном Побережье в штатах Керала и Тамилнад. Эти залежи богаты монацитом, который содержит торий-232. Самые концентрированные залежи в штате Керала расположены на пятидесятикилометровой полосе, на которой проживает 70 000 жителей. Содержание тория в монацитах колеблется от 8,0 до 10,5 % [63].

В Бразилии залежи монацитовых песков обнаружены в штатах Эспириту-Санту и Рио-де-Жанейро вдоль Атлантического побережья. В городе Гуарапари средняя доза облучения жителей составляет 5,5 мГр и колеблется от 0,9 до 28 мГр. Сходная ситуация наблюдается в рыбацкой деревушке Меаипе, расположенной в 50 км к югу от Гуарапари. Оба населенных пункта стоят на песках, богатых торием [59].

В 2003 году были изучены монацитовые пески побережья Азовского моря. На побережье Азовского моря площадь изученных пятен «черных песков» колебалась от 5 м<sup>2</sup> до 512 м<sup>2</sup>, глубина залегания – 1 см - 5 см. Величина МЭД составляла от 30 мкР·ч<sup>-1</sup> до 125 мкР·ч<sup>-1</sup>. Показано, что основной вклад (70 %) в радиационный фон вносит изотоп торий-232. Химический состав «черных песков» определяют ( $\approx$  88 %) SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и TiO<sub>2</sub>, удельный вес оксида тория составляет менее 0,4 %. Такие минералы, как кварц и ильменит составляют 78 % песков, вклад монацита – 0,5 %. Основным радионуклидом в прибрежных россыпях «черных песков» является торий (~70 %) [15].

Как известно, содержание естественных радионуклидов в почвах в первую очередь зависит от состава материнских пород, которые доставляют почве минеральную часть ее массы в виде обломков первичных минералов и продуктов их выветривания. Сложные процессы выветривания обуславливают, в каком количестве и в какой форме будут содержаться радиоактивные элементы в почвах. Концентрация радионуклидов в почве также зависит и от климатических условий, рельефа местности, глубины процесса выветривания, содержания в почве органических веществ, биологических особенностей растений и физико-химических свойств радионуклида.

В целом обнаруживается корреляция между содержанием долгоживущих естественных радионуклидов в почвах (табл. 1.2.1) и почвообразующих горных породах (табл. 1.2.2). В наиболее распространенных породах литосферы— гранитах и глинах — содержится  $(11 — 18) \cdot 10^{-6}$  г/г Th,  $75 \cdot 10^{-6}$  г/г  $^{87}\text{Rb}$ ,  $3 \cdot 10^{-6}$  г/г  $^{40}\text{K}$ ,  $(3—4) \cdot 10^{-6}$  г/г U И  $10^{-12}$  г/г Ra. Эти концентрации близки к кларковым значениям для всей доступной части литосферы, поскольку распространенность других горных пород сравнительно мала [25].

Таблица 1.2.1 Концентрация основных естественных радиоизотопов в почвах [25]

Породы	Концентрация, Бк/кг		
	$^{40}\text{K}$	$^{232}\text{Th}$	$^{238}\text{U}$
Изверженные:			
кислые	1100	1000	70
средние	900	40	30
мафические	300	15	15
ультраосновные	180	30	5
Осадочные			
известняки	110	9	35
карбонаты		10	32
песчаники	450	14	23
сланцы	900	55	55

Таблица 1.2.2 Концентрация основных естественных радиоизотопов в почвообразующих породах [25]

Почвы	Концентрация, Бк/кг		
	<sup>40</sup> K	<sup>238</sup> U	<sup>232</sup> Th
Болотные	110	8	8
Подзолистые	180	11	15
Дерново-подзолистые	360	18	27
Серые лесные	450	22	32
Черноземы	500	26	44
Каштановые	700	32	45
Серо-коричневые	860	34	50
Сероземы	810	38	60
Среднемировое значение для почвенного покрова	450	32	32

Другой важный фактор, от которого зависит содержание ЕРЭ в почвах, — степень изменения материнской горной породы в процессе почвообразования. Например, в почвах, образованных на элювии карбонатных пород, концентрация естественных радиоактивных элементов в несколько раз выше, чем в почвообразующих породах: выветривание карбонатов в процессе почвообразования приводит к относительному накоплению естественных радиоактивных элементов в почвах. Еще более выраженное несоответствие между содержанием естественных радиоактивных элементов в почвах и породах наблюдается в тех случаях, когда почвы по составу резко отличаются от подстилающих пород, например торфянистые почвы.

В ненарушенных горных породах в каждом радиоактивном семействе наблюдается состояние радиоактивного равновесия, при котором количество радиоактивности каждого члена данного семейства одинаково. В почвах радиоактивное равновесие нарушено вследствие разной миграционной подвижности различных элементов, образующих радиоактивные семейства. В частности, в каждом из семейств одним из промежуточных продуктов распада

является газообразный радон, значительная часть которого может улетучиваться из почвы в атмосферу [18].

Уран. Природный уран состоит из изотопов  $^{234}\text{U}$  (0,0058%),  $^{235}\text{U}$  (0,71%) и  $^{238}\text{U}$  (99,28%). Уран входит в состав многих горных пород и постоянно присутствует в почвах. Особенно высоко его содержание в фосфатных породах (до  $1,2 \cdot 10^{-4}$  г/г), что определяет высокую концентрацию урана в фосфорных удобрениях и в почвах, формирующихся на богатых фосфатами породах. В почвах мира содержание урана варьирует от 0.7 до 10.7 мг/кг. Содержание урана в почвах урановых провинций заметно выше, чем в обедненных ими. Так, в Иссык-Кульской депрессии оно составляет 5.8–10.7, а в Курской синеклизе только 0.5–0.8 мг U/кг. При изучении содержания урана в почвах США установлено, что различия связаны не столько с типом почв, сколько с гранулометрическим составом: в легких почвах его количество снижается до 0.3 мг/кг, в тяжелых – возрастает до 10.7 мг/кг [18].

Радий. Из промежуточных продуктов распада  $^{238}\text{U}$  следует выделить присутствующий в почвах в следовых (по массе) количествах  $^{226}\text{Ra}$  ( $T_{1/2}=1600$  лет), который относится к группе щелочно-земельных элементов, т. е. является химическим аналогом элементов-биофилов Ca и Mg.

Содержание тория в породах и почвах варьируется в 10 и более раз. Сам радионуклид химически относительно мало подвижен в почвах и в системе почва — растения, но этот элемент представляет интерес при изучении радиоактивности почвы, если рассматривать его совместно с дочерними продуктами распада. Химические свойства Th сходны со свойствами Ti и Zr, элементов с постоянной валентностью, их соединения высокоустойчивы.

По меньшей мере 2/3 урана и тория в литосфере содержится в виде минеральных зерен с размерами в несколько десятков микрометров в таких минералах, как циркон  $\text{ZrSiO}_4$  и монацит (в основном  $\text{CePO}_4$ ). Эти минералы отличаются повышенной устойчивостью к процессам выветривания и могут относительно накапливаться в продуктах выветривания горных пород и почвах. Минералы урана в почвах наследуются от материнской породы. Среди наиболее



важных минералов: уранинит, карнотит, коффинит, браннерит. Высокие концентрации урана отмечены в торинаните, торите, фосфоторите, ксенотиме, умбозерите, церианите, лопарите, апатите [25].

Существенный вклад (до 50%) в естественную радиоактивность почв вносят долгоживущий радиоактивный изотоп  $^{40}\text{K}$  ( $T_{1/2}=1,3\cdot 10^9$  лет), распадающийся с испусканием бета-частиц и гамма-излучения. Концентрацию  $^{40}\text{K}$  в почвах легко определить, если известно содержание в них общего калия ( $^{40}\text{K}$  составляет 0,0119% общей массы калия).

Закрепление (фиксация) конкретного радионуклида твердой фазой почвы приводит к снижению миграции и выносу, следовательно, и к снижению степени его участия в пищевых цепях. К основным факторам, определяющим миграцию радионуклида в почвах, следует отнести: конвективный перенос (фильтрация осадков в глубь почвы, капиллярный подток влаги к поверхности, градиентный термоперенос влаги); диффузия свободных и адсорбированных ионов, перенос на мигрирующих коллоидных частицах; перенос по корневым системам растений; роющая и биологическая деятельность почвенных организмов; хозяйственная деятельность человека [25].

### **1.3 Особенности формирования почв на территории Южного Китая и Центрального французского региона**

**Процессы почвообразования и выветривания в тропическом и субтропическом климате (провинция Гуандун, Китай).** Местность характеризуется большим количеством осадков (около 1400 мм в год), теплой зимой и среднегодовой температурой + 20°C. Всюду можно наблюдать красную, оранжевую, желтую кору выветривания местных пород - гранитов, порфировых гранитов, монцотитовых гранитов. Обнаженные породы довольно рыхлые и пористые. В процессе выветривания, транспортировки и переотложения горные породы приобретают ряд новых свойств, не характерных для исходных плотных пород и имеющих существенное значение для почвообразования: 1) из плотных, массивных образований становятся рыхлыми,

раздельночастичными; 2) приобретают порозность, а вместе с нею воздухоемкость и воздухопроницаемость, влагоемкость и водопроницаемость; 3) наряду с первичными породообразующими минералами горные породы коры выветривания содержат вторичные минералы, в том числе глинистые минералы предколлоидного и коллоидного размера, являющиеся продуктом трансформации и неосинтеза и обладающие обменной поглотительной способностью; 4) перераспределяются на земной поверхности по своему гранулометрическому, минералогическому и химическому составу; 5) содержат химические элементы, как биофильные, так и токсичные, в форме доступных живым организмам соединений; 6) имеют литологическую слоистость, формирующуюся в процессах выветривания, перемещения и переотложения материала [25].

По данным И.Н. Иванова и В.В. Охотина кислые породы во влажных климатических условиях выветриваются быстрее, чем в сухом, конечным продуктом при их выветривании являются каолин [17]. .

При формировании ферраллитных почв (рис.1.3.1), характеризующихся повышенной степенью выветрелости почвообразующего материала и остаточной аккумуляцией в почвенном материале кварца, наряду с биогенно-аккумулятивными элементарными почвенными процессами идут гидрогенно-аккумулятивные элементарные почвенные процессы, такие как *латеритизация* или *латеризация* — процесс аллохтонного внутрипочвенного ожелезнения с образованием мощных конкреционных или панцирных прослоев разного строения (пизолитового, вермикулярного, шлаковидного), а также *плинтификация* — гидрогенный процесс преобразования ферраллитизованного материала путем отложения из поднимающихся или сезонно осциллирующих грунтовых вод оксидов Fe на каолиновой матрице [25].

Одновременно идут важные метаморфические процессы такие как ферраллитизация, ферсиаллитизация и ожелезнение. *Ферраллитизация*— процесс внутрипочвенного выветривания первичных минералов с образованием и относительным накоплением *in situ* вторичной глины ферраллитного состава;

обычно ферраллитизация сопровождается интенсивной десиликацией без образования вторичного кварца с выносом оснований и избытка кремнекислоты. В составе ферраллитизованного материала преобладают кварц, каолинит и минералы группы гидроксидов алюминия (гидраргиллит, диаспор) и железа (лимонит, гематит). Частными видами ферраллитизации являются каолинизация при преобладании каолинита в продуктах выветривания и аллитизация (бокситизация) при преобладании гидроксидов алюминия.

*Ферсиаллитизация* — процесс накопления подвижных соединений железа в виде  $\text{Fe}(\text{OH})^3$  и  $\text{Fe}^2\text{O}^3$  на фоне оглинения, обусловленного декарбонатизацией; в первом случае почва приобретает желтые тона окраски, во втором — ярко-красные; при глинистом составе и плохом дренаже происходит интенсивное пожелтение с появлением сизых пятен, что обуславливается неустойчивостью системы  $\text{FeO}—\text{F}(\text{OH})^3$  [16].

*Ожелезнение* — процесс высвобождения железа из решеток минералов при выветривании и их осаждения *in situ* по порам и трещинам в виде автохтонных кутан зерен и микроагрегатов и сгустков гидроксидов, сопровождающийся побурением или покраснением почвообразующей породы.

Формирование ферраллитных почв происходит в условиях свободного дренажа и интенсивно промывного водного режима при свободном оттоке растворимых продуктов выветривания.

В современном профиле почв, сформированных на древней ферраллитной коре выветривания, процессы миграции тех или иных элементов и их соединений могут быть не такими, какие характерны для ферраллитизации вообще как специфического процесса выветривания. Верхние горизонты некоторых ферраллитных почв (ферраллитные эутрофные) могут быть обогащены кальцием, магнием, калием; в профиле может иметь место перераспределение кремнезема и полуторных оксидов, в частности по элювиально-иллювиальному типу; иногда отмечается поверхностная аккумуляция подвижных соединений железа, как в буроземах. Верхний гумусовый горизонт всегда имеет коричневую, бурую, серую окраску

вследствие присутствия гумуса.



Рисунок 1.3.1 – Общий вид ферраллитных почв провинции Гуандун

Обычно ферраллитные недифференцированные почвы обладают благоприятными водно-физическими свойствами благодаря хорошей макро- и микроагрегированности. Их плотность в верхнем горизонте  $1,1 — 1,2 \text{ г/см}^3$  и лишь несколько повышается с глубиной. Микроагрегированность связана с прочными полтораоксидными мостиками между минеральными частицами [25].

**Процессы почвообразования и выветривания в умеренном климате (регион Овернь, Франция).** Климат в регионе - умеренный, океанического типа. Лето прохладное (средняя температура июля  $11—16 \text{ }^\circ\text{C}$ ), зимой морозы и снегопады чередуются с оттепелями (средняя температура января около  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ). На наветренных склонах выпадает до 1500 мм осадков в год, в котловинах — 500—700 мм. Регион Овернь характеризуется многократными проявлениями складчатости, гранитного магматизма и метаморфизма. Стоит отметить, что на территории Оверни более 80 потухших вулканов. Не менее четверти земель региона сохранили следы былой вулканической деятельности в виде вулканических массивов. Вулканические области Центрального Французского массива (рис. 1.3.2) отличаются плодородием почв, развившихся на

изверженных породах [5].

Вулканические почвы, т. е. почвы, сформировавшиеся из свежих продуктов извержения вулканов, широко распространены на земном шаре, хотя и не занимают значительной площади. Другие международные имена вулканических почв – андосоли - andisols (почвенной Таксономии), vitrisols (Франция) и вулканического пепла почвы. Ареал их распространения в основном приурочен к горным территориям кайнозойского (альпийского) орогенического пояса. Районами их наиболее широкого распространения являются острова и восточное и западное обрамления Тихого океана (Тихоокеанское вулканическое кольцо), Средиземноморье. Вулканические почвы формируются на вулканических лавах, туфах, пеплах и других пирокластических породах. Значительная часть вулканических почв находится под продуктивными лесами.



Рисунок 1.3.2 – Общий вид вулканов региона Овернь в пределах Центрального французского массива [5]

Выделяют несколько зон, отличающихся по степени влияния пеплопадов на почвообразование. И. А. Соколов (1973) выделил три зоны формирования современных пирокластических отложений: 1) зона интенсивных пеплопадов; 2) зона умеренных пеплопадов; 3) зона слабых пеплопадов. Для зоны умеренных пеплопадов, где накопление пирокластических отложений и

процессы выветривания и почвообразования эквивалентны по своей интенсивности, характерно присутствие наряду со специфическими вулканическими почвами и невулканических почв; закономерности зонального почвообразования здесь тесно переплетены с влиянием вулканической деятельности и осложнены ею, как в случае с почвами региона Овернь [43].

Процесс выветривания данных почв сопровождается потерей кремния и остаточным накоплением железа и особенно алюминия. Это приводит к тому, что отношение  $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$  в вулканических почвах намного ниже, чем в невулканических. Освобожденные при выветривании первичных минералов породы гидроксиды алюминия и кремния взаимодействуют в растворе, образуя аллофан — аморфный минерал. В результате кристаллизации аллофана образуются галлуазит и гиббсит, присутствующие в относительно древних пирокластических отложениях. Важнейшей из таких черт является полигенетичность вулканических почв. В их профиле присутствуют реликтовые признаки, погребенные горизонты, иногда погребенные профили.

Это определяет полициклический характер почвенного профиля, который по образному выражению И. А. Соколова, состоит из нескольких вложенных элементарных профилей. Периодические пеплопады обуславливают еще одну характерную черту вулканических почв [43].

Профиль почв имеет сложное строение, их облик формируется при различном сочетании процессов выветривания, с одной стороны, и отложения пирокластического материала, с другой.

Гумусовый горизонт А вследствие высокого содержания гумуса имеет серый, темно-серый, иногда почти черный цвет. В совокупности с высоким содержанием аллофана, способствующего закреплению гумуса, это приводит к высокой гумусности почв. Содержание гумуса в вулканических почвах достигает 15—20% и более, редко опускается ниже 10% в гумусовом горизонте.

Общими особенностями вулканических почв являются специфические охристые иллювиально-метаморфические горизонты, обусловленные присутствием в минералогическом составе почв легко выветривающихся

минералов, обилием аморфных минералов, аллофанов и органо-минеральных соединений. Особенности вулканических почв определяются соотношением интенсивности процессов почвообразования и накопления пирокластического материала или, иными словами, степенью освоенности процессами почвообразования вулканогенной почвообразующей породы. Почвы Оверни можно отнести к моллевым андосолям, которые имеют достаточно мощный гумусовый горизонт с высоким содержанием гумуса, темно-серого или черного цвета, зернистой или комковатой структуры; степень насыщенности основаниями превышает 50%. Профильная дифференциация содержания радиоэлементов совпадает с типичными профильными закономерностями изменений в них гранулометрического состава, оксидов железа и алюминия [25].

## **2 Объект и методы исследования**

### **2.1.Пробоотбор и пробоподготовка**

Место отбора проб почв и горных пород было выбрано в соответствии с ранее проведенными исследованиями ученых из Китайского геологического университета. Точка опробования располагалась в 20 км северо-западнее г. Чжухай (провинция Гуандун, Китай). Измерение радиоактивности методом гамма- спектрометрии производилось через каждые 50 м по мере восхождения на гору, в дельте реки Жемчужная., на городском пляже и рядом с природным источником (рис.2.1.1).

Требования по отбору проб почв регламентируются следующими нормативными документами - ГОСТ 17.4.2.01-81, ГОСТ 17.4.3.01-83, ГОСТ 17.4.1.02-83, ГОСТ 17.4.4.02-84, ГОСТ 17.4.3.02-85, а также методическими рекомендациями и соответствующей программой работ.

Опробование почвенного разреза (рис.2.1.2) проводилось по генетическим горизонтам (A<sub>0</sub>, A<sub>1</sub>, AB, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, BC, C в интервалах 0-3 см, 3-13 см, 13-31 см, 31- 61 см, 61-93 см, 93-120 см, 120-150 см соответственно). Образцы почв массой не менее 0,2 кг каждый отбирались с зачищенной описанной стенки шурфа из середины, или нескольких мест генетических

горизонтов, и с поверхности разреза. Отобранные образцы упаковывались в пластиковые пакеты и были подписаны.

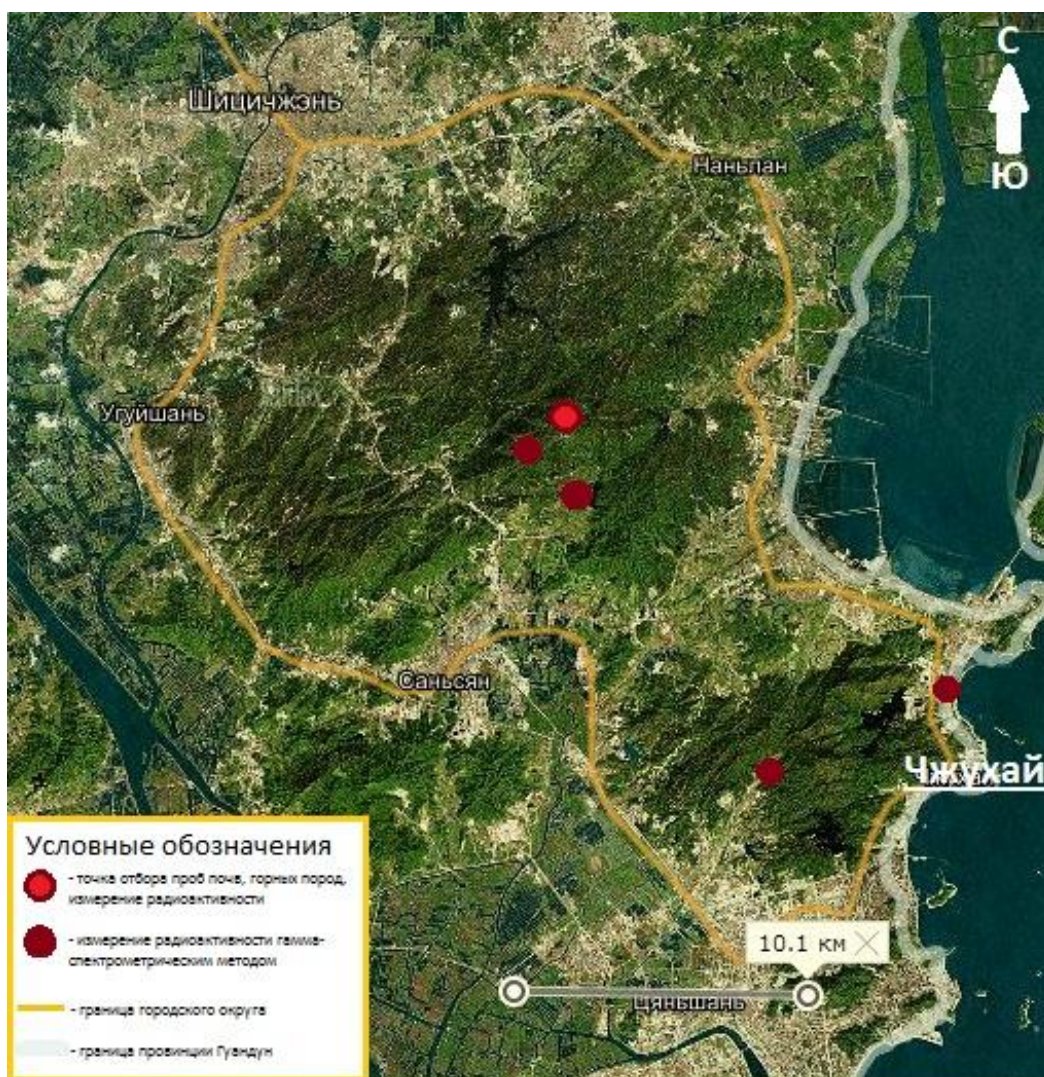


Рисунок 2.1.1 – Карта отбора проб в городском округе Чжухай, провинция Гуандун

В схеме профиль ферраллитных почв состоит из трех горизонтов: маломощный гумусо-аккумулятивный горизонт А, переходная зона АВ, далее очень мощный глинисто-метаморфический горизонт В (В1,В2) и переходная пестроцветная зона интенсивного выветривания, получившая в литературе название литомарж ВС. Литомарж — это обычно пестроокрашенный слой, обломки породы в котором еще сохранили свою форму и структуру, но уже совершенно мягкие и преобразованные в минералогическом отношении. Ниже литомаржа лежит рухляк выветривания горной породы (С).



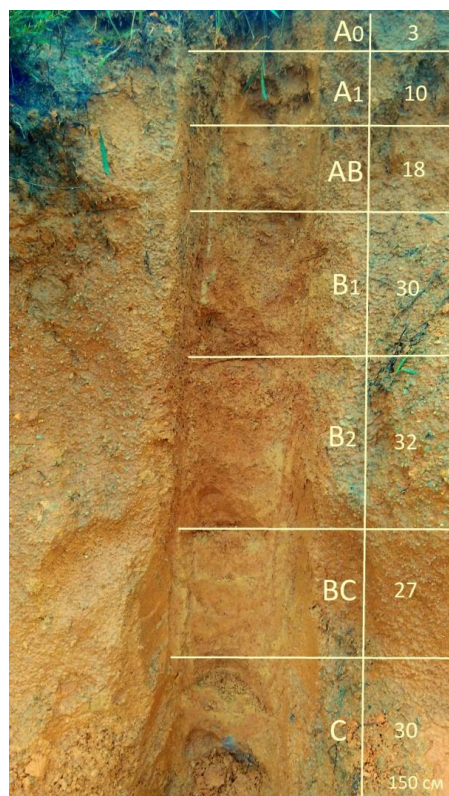


Рисунок 2.1.2 – Почвенный профиль отбора проб по горизонтам

Горные породы в частности выветрелые граниты отбирались рядом с местом отбора проб почв, Отобранные образцы упаковывались в пластиковые пакеты и были подписаны. Следующим этапом исследования была пробоподготовка в лабораториях на кафедре Геофизики в КГУ и на кафедре ГЭГХ НИ ТПУ, которая включала несколько последовательно протекающих этапов: предварительное подсушивание почвы, затем удаление инородных включений. После почву растирали и просеивали через сито с диаметром отверстий 1 мм. Дальнейшие операции проводились в соответствии со схемой обработки почв (рис. 2.1.3).

## 2.2 Методы анализа

При изучении почв и горных пород будут задействованы различные метода анализа: гамма-спектрометрический анализ, метод инструментального нейтронно-активационного анализа в ядерно-химической лаборатории кафедры ГЭГХ (аналитик А.Ф. Судыко), также разделения на лёгкую и тяжёлую фракции при помощи бромформа. Дальнейший минералогический анализ фракций будет осуществляться с использованием оптических (бинокулярный микроскоп)

и электронно-микроскопических (электронный микроскоп Hitachi S-3400N) методов исследований.

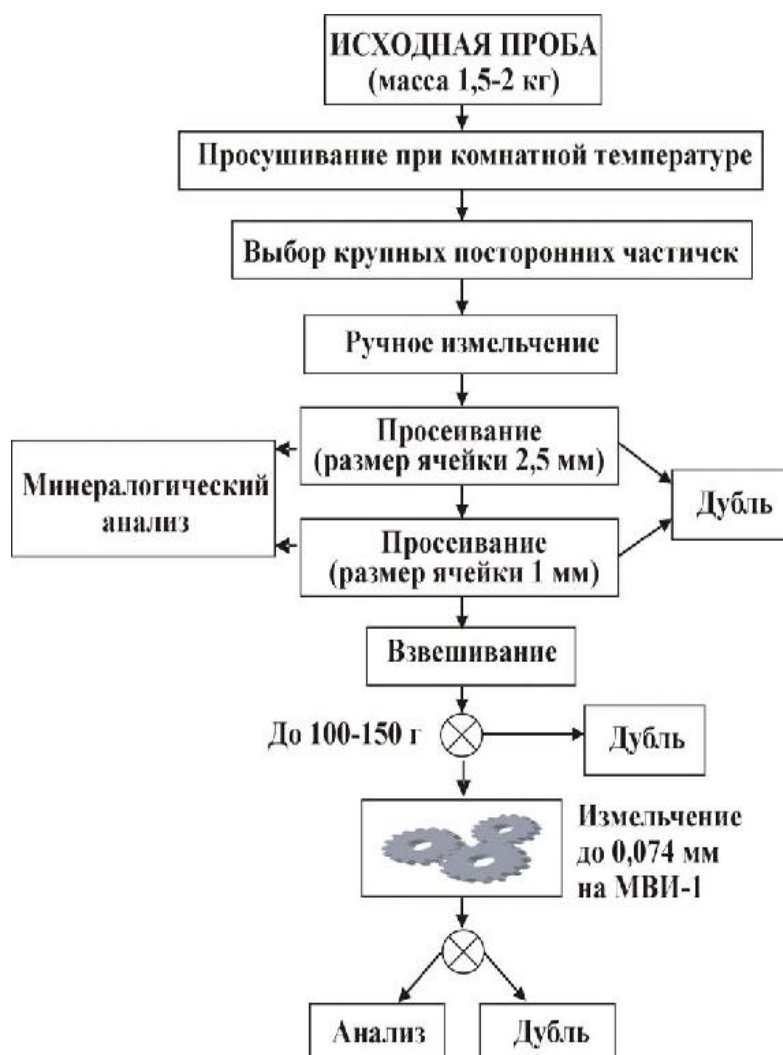


Рисунок 2.1.3 – Схема обработки и изучения проб почв [50]

### 2.2.1 Гамма-спектрометрический анализ

Метод гамма-спектрометрического анализа является основным как для получения радиационных характеристик проб радиоактивных отходов, так и для радиоэкологического анализа окружающей среды в целом. Существует несколько методов измерения энергетического распределения фонового излучения. Наибольшее распространение в гамма-спектрометрии получили сцинтилляционный и ионизационный методы.

Если сравнивать полупроводниковый детектор и сцинтилляционный детектор по их техническим характеристикам, а именно по энергетическому разрешению и эффективности, то можно отметить, что за счет различных

физических процессов в детекторах разрешение полупроводниковых детекторов приблизительно на два порядка выше, чем в сцинтилляционных детекторах, но в тоже время эффективность регистрации сцинтилляционного детектора гораздо выше, чем у полупроводникового.

В то же время для набора одинаковой статистики в пике (одиночная гамма-линия) за одно и то же время с использованием сцинтилляционного и полупроводникового детектора эффективность полупроводникового детектора может быть в 50-100 раз меньше, чем эффективность сцинтилляционного детектора. При этом в настоящее время возможно использовать полупроводниковые детекторы из особо чистого германия с эффективностью регистрации гамма-квантов, сравнимой с эффективностью регистрации сцинтилляционного кристалла размером 80 x 80 мм. При регистрации фотопиков с близкими энергиями улучшение разрешения в 2 раза приводит к увеличению фотоэффективности в 8 раз.

Поэтому, имея гораздо лучшее разрешение и соизмеримую эффективность, при проведении радиационного контроля окружающей среды полупроводниковые детекторы вытеснили из большинства аналитических лабораторий детекторы на основе NaI (Tl) [48].

### **2.2.2 Инструментальный нейтронно-активационный анализ**

Активационный анализ впервые был проведен Д. Хевеши и Г. Леви (Венгрия, 1936) и А. А. Гринбергом (СССР, 1940).

Активационный анализ - метод определения состава вещества, основанный на активации атомных ядер и исследовании радиоактивного излучения, возникающего вследствие изменения нуклонного состава или энергетического состояния ядер. Активационный анализ - наиболее распространенный ядерно-физический метод определения состава вещества.

Образцы весом от 5 до 100 мг и мониторы нейтронного потока запаиваются в ампулы из сверхчистого кварца и облучаются в течение времени от нескольких часов до нескольких дней в потоке тепловых нейтронов. Спектры  $\gamma$ -лучей от каждого образца измеряются трижды с различными временами

выдержки после облучения: минимальное (обычно 2 дня), 10 и 20 дней. Для измерений используются детекторы из сверхчистого германия. Обработка измеренных спектров производится с помощью компьютерных программ, разработанных в ПИЯФ.

После измельчения почвы, если это необходимо, в агатовой ступке до порошкообразного состояния следует упаковка образцов в алюминиевую фольгу (вес каждой пробы около 100 мг без учета веса фольги), затем анализ.

Инструментальный нейтронно-активационный анализ – современный высокочувствительный вид анализа, является эффективным для определения химических элементов, в том числе редких, редкоземельных и радиоактивных. Метод ИНАА, реализуемый в лаборатории, используется также для аттестации стандартных образцов состава (СОС) как отечественных, так и зарубежных (МАГАТЭ, Германия, Япония, Индия и др.).

Инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА) на 28 химических элементов выполнен согласно инструкции НСАМ ВИМС № 410-ЯФ с облучением тепловыми нейтронами на исследовательском реакторе ИРТ-Т в лаборатории ядерно-геохимических методов исследования Томского политехнического университета (аналитики – с.н.с. Судыко А.Ф., Богутская Л.Ф.). Плотность потока тепловых нейтронов в канале облучения составляла  $2 \cdot 10^{13}$  нейтр/(см<sup>2</sup>\*с). Продолжительность облучения проб – 20 часов. Измерение производилось на многоканальном анализаторе импульсов АМА-02Ф с полупроводниковым Ge-Li детектором ДГДК-63А.

Данный метод основан на регистрации излучения радиоактивных нуклидов, образующихся при облучении исследуемых проб потоком нейтронов. Одновременно с исследуемыми пробами в тех же условиях облучались и стандартные образцы. Определение содержаний химических элементов производилось путем сравнения интенсивности излучения проб и стандартных образцов в выбранных энергетических интервалах спектрометра. После окончания облучения пробы выдерживались некоторое время и после спада наведенной активности направлялись на анализ.

Погрешность определения содержания элементов обычно составляет 5-15 %. Метод является "абсолютным", т.к., вообще говоря, не требует стандартов состава вещества (ССВ). Чувствительность измерений зависит от ядерных констант изотопов исследуемых элементов (сечение захвата нейтронов, период полураспада, выход  $\gamma$  -лучей) и значительно различается для разных элементов периодической системы [19].

### **2.2.3 Метод разделения на лёгкую и тяжёлую фракции при помощи бромформа**

Бромформ (трибромметан,  $\text{CHBr}_3$ ) - тяжёлая жидкость с плотностью  $2890 \text{ кг/м}^3$ , широко используемая в минералогическом анализе для разделения минералов тяжёлой фракции (тонущих в бромформе) и лёгкой фракции (плавающих в бромформе).

В стеклянную делительную воронку с притертым краном или в простую химическую воронку с резиновой трубкой и зажимами наливают бромформ. Удобнее употреблять простую химическую воронку диаметром около 8-10 см, на конец которой надета резиновая трубка диаметром 1 см.

Перед тем как налить в воронку бромформ, конец резиновой трубки закрывают зажимом. В воронку с бромформом засыпают пробу и тщательно перемешивают тонкой стеклянной палочкой; минеральные зерна, приставшие к палочке, смывают бромформом обратно в воронку.

Все минералы с удельным весом выше, чем у бромформа, падают в нижнюю часть резиновой трубки (тяжелая фракция); а минералы с удельным весом ниже 2,9 всплывают в нем, образуя легкую фракцию; минералы с удельным весом, равным удельному весу бромформа, будут находиться во взвешенном состоянии.

Установив момент окончательного разделения по удельному весу минералов в данной жидкости, зажимают резиновую трубку вторым зажимом выше положения столбика тяжелой фракции. После этого открывают первый зажим, закрывающий самую нижнюю часть трубки, и бромформ с тяжелой фракцией выливают в небольшой химический стаканчик или фарфоровую

чашечку.

Бромформ из стаканчика с тяжелой фракцией сливают осторожно опять в воронку таким образом, чтобы зерна минералов тяжелой фракции не попали в легкую фракцию [49].

#### **2.2.4 Осколочная радиография (f-радиография)**

Радиографические методы выявления пространственного распределения элементов при одновременном определении их локальных и общих концентраций позволяют решать в комплексе с другими методами конкретные геологические, геохимические, минералогические, геоэкологические задачи.

Для образования осколков от вынужденного деления ядер урана необходимо исследуемый образец облучить потоком тепловых нейтронов (интегральный поток порядка  $10^{12}$ – $10^{16}$  част./см<sup>2</sup> в зависимости от содержания урана в образце). Вынужденное деление при этом испытывают только ядра атомов урана-235, относительное число актов деления других элементов весьма незначительно [19].

На кафедре геоэкологии и геохимии ТПУ разработаны уникальные методики пробоподготовки почвы, торфа, древесины и других природных сред для проведения радиографических исследований.

В качестве уранового эталона используется силикатный клей, в который добавлено известное количество водного раствора нитрат уранила. Валовое содержание урана в сухом клее определялось лазерно-люминесцентным методом. В используемом клеевом эталоне оно составляет 12,16 мг/кг, а отношение изотопов  $^{235}\text{U}$  к  $^{238}\text{U}$  по данным масс-спектрометрического анализа равняется 0,00432. Учитывая нарушенное соотношение изотопов, содержание урана в эталоне оценено как 7,2 мг/кг [41].

Подготовленные образцы облучаются потоком тепловых нейтронов на исследовательском ядерном реакторе ИРТ-Т НИИ Ядерной физики ТПУ. После облучения и спада наведенной активности с образцов снимается детектор, и выполняются операции по химическому травлению детектора (лавсановой пленки) по стандартной методике. После процедуры травления, треки от

осколков деления, зафиксированные на детекторе, доступны для наблюдения на оптическом микроскопе. [41]

Был использован стереомикроскоп со встроенной видеокамерой Leica EZ4D. Требуемое для выполнения f-радиографического анализа облучение потоком тепловых нейтронов обеспечивается на исследовательском ядерном реакторе в НИ ТПУ.

Пробоподготовка образцов показана на рисунке 2.2.4.

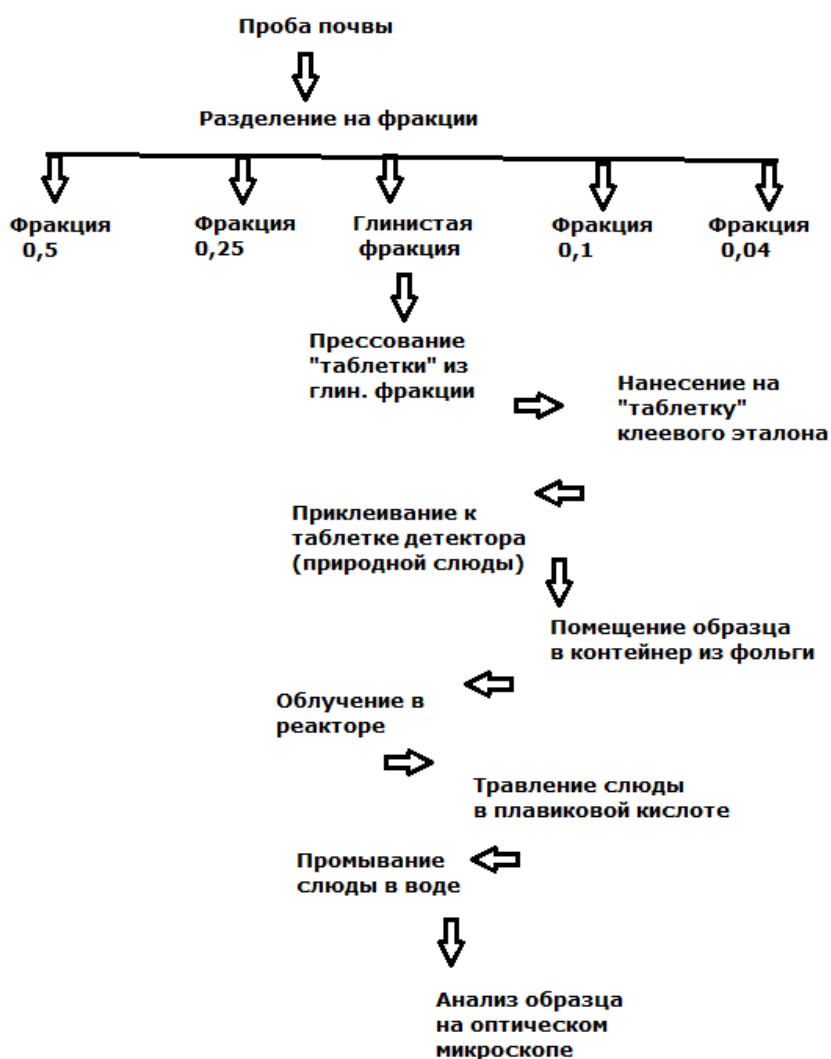


Рисунок 2.2.4 – Схема подготовки образца и анализ методом f-радиографии

### 2.2.5 Электронная микроскопия

Электронная микроскопия позволяет с помощью электронного микроскопа исследовать микроструктуру тел при увеличениях до многих сотен тысяч раз (вплоть до атомно-молекулярного уровня), изучить их локальный

состав и локализованные на поверхностях или в микрообъёмах тел электрические и магнитные поля (микрополя). В лабораторной базе кафедры ГЭГХ имеется сканирующий электронный микроскоп Hitachi S-3400N с приставкой для микроанализа.

Электронный сканирующий микроскоп «Hitachi S-3400N» — аналитический прибор, способный демонстрировать высокое разрешение в широком диапазоне ускоряющих напряжений и давлений остаточного вакуума в камере. Микроскоп оснащен термоэмиссионным вольфрамовым катодом. Рабочая камера имеет 10 портов (фланцев) для подключения дополнительного оборудования. Микроскоп Hitachi S-3400N позволяет исследовать образцы диаметром до 200 мм, имеет разрешение 3 нм (глубокий вакуум) и 4 нм (при 270 Па), моторизованный столик образца с возможностью перемещения по 5 осям, наклоном образца от -20 до +90 градусов. Можно исследовать образец до 80 мм высотой [19].

### **2.2.6 Рентгеноструктурный анализ**

D2 PHASER – установка, на которой проводится диагностика структуры вещества с помощью рентгеновских лучей. Чаще всего этот вид анализа применяется для исследования твёрдых веществ, обладающих кристаллической структурой, где роль строительных единиц выполняют атомы, ионы, молекулы, комплексы и т.д. Основная закономерность – повторяемость с определённым периодом в трёх направлениях (реже в двух) элементарной ячейки, отражающей всю суть кристаллической структуры каждого вещества, его симметрию, его элементный состав. Предполагается, что D2 PHASER настроен для соответствующих исследований, т.е. выбраны величины основных параметров:

- сила тока и напряжение на рентгеновской трубке;
- рентгеновское излучение отъюстировано на оптимальный режим работы: установлены соответствующие щели, диафрагмы и фильтры;
- выбрана скорость движения детектора;
- данные передаются непосредственно на компьютер через соответствующий контроллер, при работе с которым руководствуются



соответствующим описанием программы.

В любом случае, такая настройка должна обеспечить чёткость положения пиков и амплитуду этих пиков в выбранном угловом диапазоне дифрактограммы.

Подготовка образцов к исследованиям происходит следующим образом - материал (образец) измельчается до пудры в ступке, которая протирается спиртом (ацетоном) до и после истирания. Истолчённым образцом заполняется кювета из кварцевого стекла, которая предварительно смазывается вазелином и пришлифовывается. Подготовленная проба устанавливается в соответствующую приставку.

Вращение датчика рекомендуется проводить с начального угла 5–100 до конечного угла 70-900. Это обстоятельство обусловлено опытом работы. При необходимости диапазон углов может быть расширен (до 360 0).

Расшифровка дифрактограммы проводится в программе EVA в соответствии с инструкцией по работе [50].

### **3 Результаты проведенного исследования**

#### **3.1 Минералого-геохимические особенности почв провинции Гуандун**

На начальном этапе исследований был выполнен ситовой анализ образцов почв, результаты которого представлены на рисунке 3.1.1. По данным гранулометрического анализа видно, что горизонт С отличается повышенным содержанием тонкодисперсной фракции (0,04 мм) в своем составе. По мере повышения горизонтов (от С до А) % тонкодисперсной фракции уменьшаются.

Предварительный гамма-спектрометрический анализ китайской почвы показал, что она характеризуется ториевой природой радиоактивности (Th – 190 Бк/ кг; U (по Ra) – 120 Бк/ кг; K40 – 150 Бк/ кг).

По результатам детального гамма- спектрометрического анализа профиля почв по генетическим горизонтам провинции Гуандун на глубину 160 см (рис.3.1.2) наблюдается увеличение содержаний урана, тория и калия с глубиной. Значение состава и характера горных пород резко сказывается на

начальных стадиях развития почвы, а затем, по мере того мощность почвы возрастает и образуется несколько генетических горизонтов, характерные особенности горных пород всё менее и менее дают о себе знать.

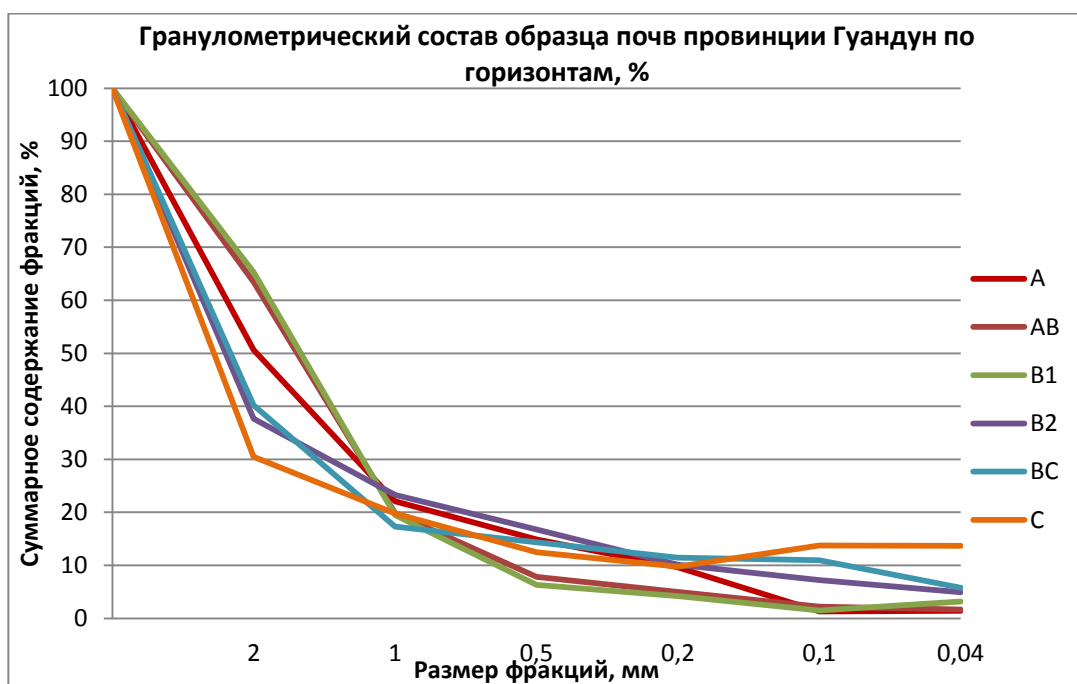


Рисунок 3.1.1 – Гранулометрический состав образцов почв провинции Гуандун по горизонтам, %

По отдельным генетическим горизонтам элементы распределяются в зависимости от характера и интенсивности почвообразующих процессов. Торий является менее активным мигрантом. Распределение тория по почвенному профилю дифференцировано слабее, чем у остальных элементов. Однако существующие вариации в распределении тория позволяют проследить тенденцию к его накоплению в горизонтах (B2, BC, C) параллельно с увеличением содержания тонкодисперсной (0,04) фракции. Почвы провинции Гуандун относятся к почвам гумидных районов с повышенным увлажнением, где интенсивно идут процессы аккумуляции урана из почвенных растворов, что особенно наблюдается для гумусовых горизонтов (A).

Выявлено различие в величинах Th/U отношений по профилю почвы. В верхних горизонтах оно доходит до 15, тогда как в нижних горизонтах - около 9.

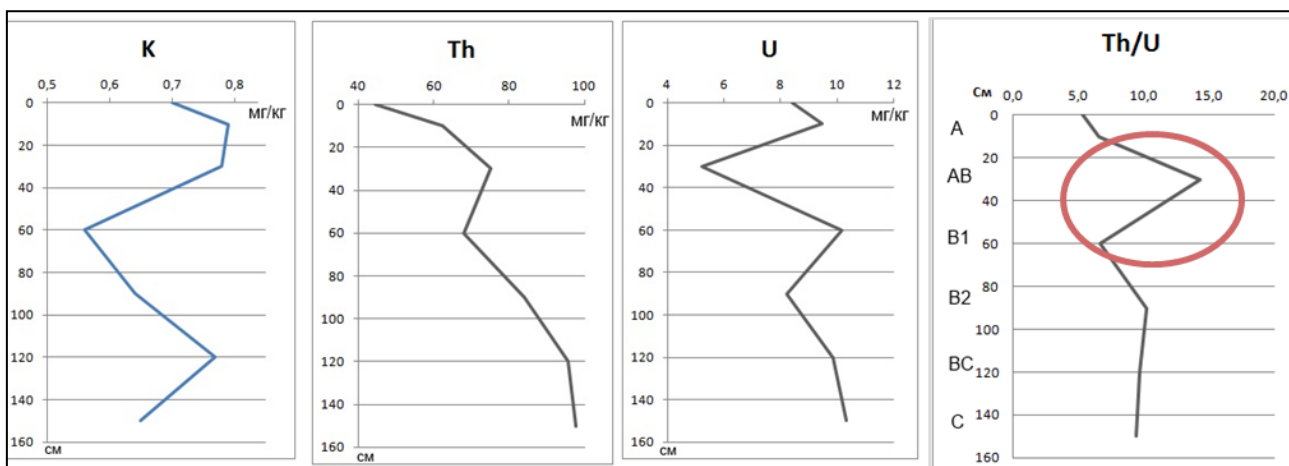


Рис.3.1.2 Содержание K, Th, U (мг/кг) в профиле почвы провинции Гуандун (глубина 160 см) по результатам гамма- спектрометрического анализа

Перераспределение U по профилю почвы свидетельствует о высокой подвижности элемента в иллювиально-элювиальном процессе. Наблюдается значительный вынос U в горизонте АВ и интенсивная аккумуляция U из почвенных растворов в гумусовом горизонте А. Вероятно, пониженное содержание урана в верхних прикорневых горизонтах связано также и с его более высоким, чем тория, биологическим поглощением.

Калий является активным мигрантом. Интенсивное выщелачивание K происходит в горизонте В1.

В окислительных условиях уран находится преимущественно в форме U(VI), которая характеризуется относительно высокой миграционной способностью. В гумидных элювиальных и трансэлювиальных ландшафтах почвы обеднены ураном в пользу радия по сравнению с их равновесным соотношением. [Ковда].

По данным Н. Ванг, средние концентрации  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  и  $^{232}\text{Th}$  в г. Чжухай выше, чем любой другом районе Китая. Стоит отметить, что средняя активность  $^{232}\text{Th}$  в 5,3 раза больше, чем в мире и в 3,3 раза больше, чем в Китае [Wang].

Из общего образца почв провинции Гуандун с использованием бромформа были выделены лёгкие и тяжелые фракции. В лёгкую фракцию ушли все минералы, которые имеют удельный вес меньше 2,9: кварц, полевые шпаты, неокрашенные слюды и др. А в тяжёлой сконцентрировались

преимущественно рудные (акцессорные) минералы.

Таблица 3.1.1 - Содержание  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  и  $^{232}\text{Th}$  на территории г. Чжухай, в провинции Гуандун, в Китае и во всем мире в Бк/кг [69].

Area	$^{40}\text{K}$		$^{238}\text{U}$		$^{232}\text{Th}$	
	Average	Range	Average	Range	Average	Range
Zhuhai	655	78–2,004	86	20–183	160	52–312
Guangdong <sup>8)</sup>	415	36–1,132	71	12–187	57	1–153
China <sup>8)</sup>	580	12–2,185	40	2–520	49	1–437
Median of world <sup>1B)</sup>	400	140–850	35	16–110	30	11–64

Оперативный анализ почвы провинции Гуандун методом инструментального нейтронно-активационного анализа в ядерно-химической лаборатории кафедры ГЭГХ (аналитик А.Ф. Судыко) показал, что содержание (Th=43,6; U=9,2). Обращает на себя внимание высокая концентрация редких земель ( $\sum \text{TR} = 134,5$  г/т), особенно Ce и Nd (табл.3.1.2).

Таблица 3.1.2 – Результаты инструментального нейтронно- активационного анализа почвы провинции Гуандун

<b>Элементы</b>	<b>Ca, %</b>	<b>Na, %</b>	<b>Fe, %</b>	<b>Th</b>	<b>U</b>	<b>Ta</b>	<b>La</b>	<b>Ce</b>	<b>Sm</b>	<b>Nd</b>	<b>Zn</b>
Содержание, г/т	0,22	0,04	1,6	43,6	9,2	8,4	17,6	89	3,5	14,5	68,6
<b>Элементы</b>	<b>Eu</b>	<b>Tb</b>	<b>Lu</b>	<b>Yb</b>	<b>Cr</b>	<b>Au</b>	<b>Hf</b>	<b>Ba</b>	<b>As</b>	<b>Br</b>	<b>Cs</b>
Содержание, г/т	0,2	1,2	1,1	7,4	18	0,0003	9,6	51	2,1	4,9	9,5

Анализ данных ИНАА (рис. 3.1.3) показывает, что максимальное накопление радиоактивных элементов отмечается во фракции <0,04 и глинистой фракциях. При этом, максимум накопления U отмечается в тонкой песчаной фракции (22,7 г/т), а Th в глинистой фракции (110,4 г/т). Ториево-урановые отношения в них соответственно изменяются от 4,3 до 9. В тонкой песковой (<0,04) и глинистой (<0,01) фракциях происходит максимальное накопление редких земель, Ta и ряда других элементов.

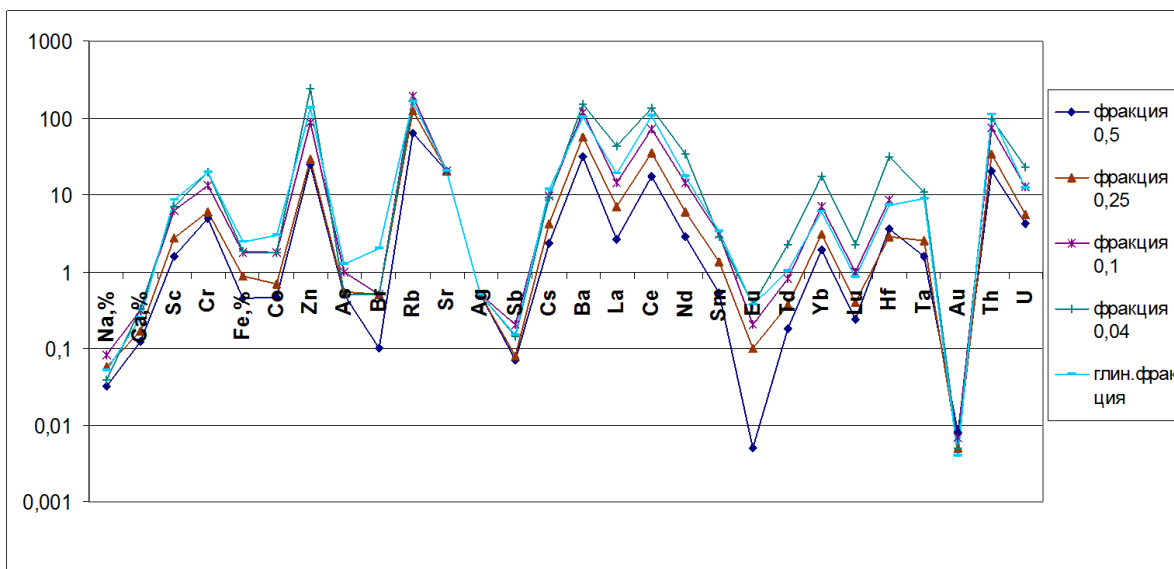


Рисунок 3.1.3 – Содержание химических элементов в различных фракциях почв провинции Гуандун по данным ИНАА

Также был выполнен анализ почвы методом ИНАА после разделения на тяжелую и легкую фракции (с помощью бромформа). Сравнительный анализ глинистой фракции и фракции размерностью 0,01мм представлены на рисунках 3.1.4, 3.1.5.

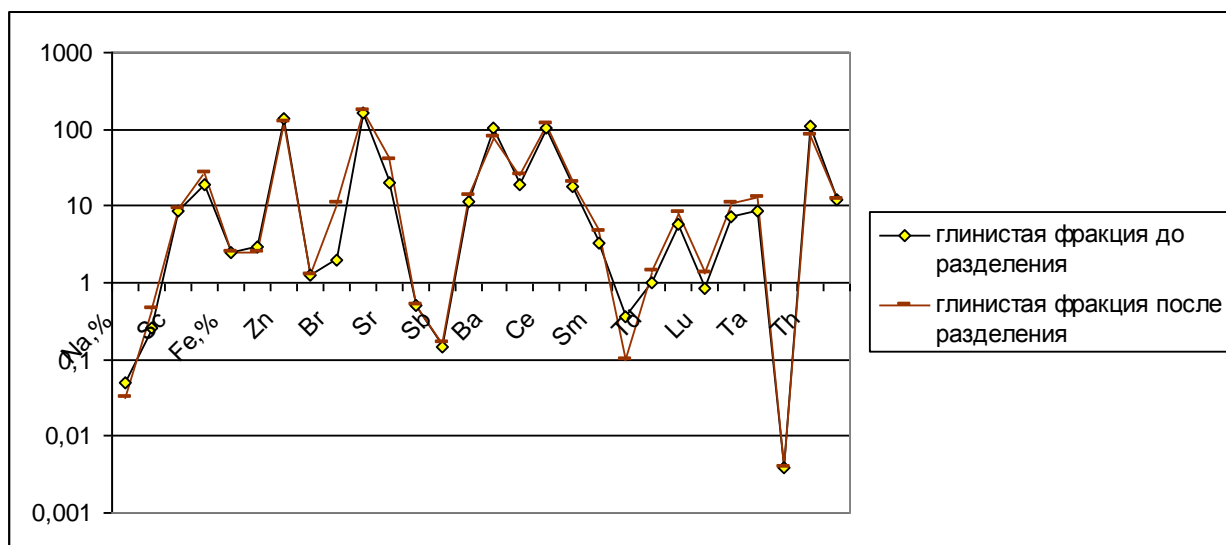


Рисунок 3.1.4 – Сравнительный анализ глинистой фракции почвы провинции Гуандун до и после разделения бромформом

Из графиков видно, что отмечается незначительное различие в накоплении радиоактивных и редкоземельных элементов в данных фракциях до и после разделения. Это свидетельствует о тесной взаимосвязи элементов с тонкодисперсной составляющей фракций.

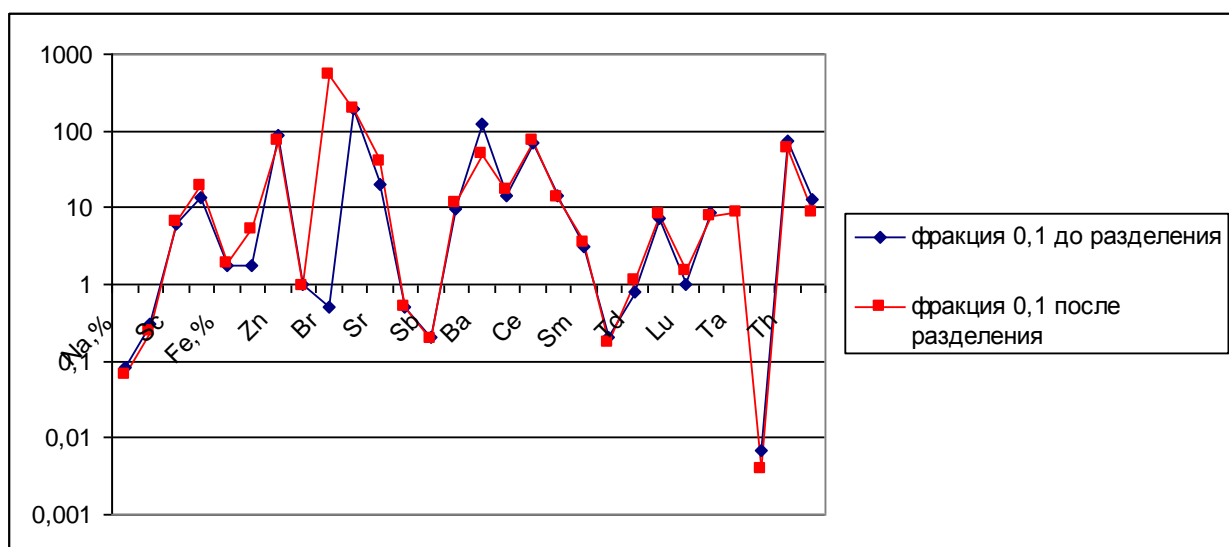


Рисунок 3.1.5 – Сравнительный анализ фракции 0,1 мм почвы провинции Гуандун до и после разделения бромформом

Важное значение в процессах химического выветривания имеют органические кислоты, активно способствующие разложению минералов. Процессы химического выветривания протекают ниже почвенного слоя, просачиваясь через который воды обогащаются органическими соединениями. Одним из необходимых условий глубоко химического выветривания является климат, при котором достигается сочетание высоких температур и влажности (гумидный тропический).

Глинисто-илистая составляющая почвы была подвергнута химическому анализу, который показал, что 81,45 % обусловлено присутствием оксидов Si и Al, с отношением  $SiO^2:Al^2O^3 = 1,5$ . Тогда как содержание оксидов Fe составляет 3,63 % (таблица 2). Содержание щелочных элементов низкое и составляет 1,34 %, при этом 1, 3 приходится на  $K^2O$ .

Таблица 3.1.3 – Результаты химического анализа почвы провинции Гуандун

Элементы	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>
Содержание, %	0,04	0,16	31,74	49,71	0,02	1,3	0,18	0,38
Элементы	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	BaO	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NiO	LiO	

Содержание, %	0,02	3,63	0,01	0,008	0,006	0,005	12,95
---------------	------	------	------	-------	-------	-------	-------

Содержание С органического в почве низкое и составляет всего 0,14 %. По комплексу этих химических показателей данную породу можно отнести к ферраллитной группе почв гумидных районов тропиков и субтропиков, характеризующихся высокой степенью выветрелости почвообразующего материала.

В теплом и влажном климате выветривание выражается в энергичной гидратации, в окислении, которая сказывается в ярком покраснении почв и накоплении  $Fe_2O_3$ , в десиликации и в сложном выветривании, которое ведет к образованию новых минералов.

Характеризуются данный тип почв низким содержанием кремнезёма, высоким – алюминия и железа, низкой катионной обменной и высокой анионной поглотительной способностью, преимущественно красной и пёстрой жёлто-красной окраской почвенного профиля, очень кислой реакцией. В составе гумуса преимущественно фульвокислоты. В профиле выделяют верхний гумусовый горизонт (от 1–1,5 до 8–10% гумуса); для средней части профиля (строение его неодинаково у различных подтипов) характерен постепенный переход от гумусового горизонта к материнской породе, наличие элювиального и иллювиального горизонтов, конкреций марганца и алюминия, латерита в различных формах, оглеение.

В составе ферраллитизованного материала преобладают кварц, каолинит и минералы группы гидроксидов алюминия (гидраргиллит, диаспор) и железа (лимонит, гематит). Частными видами ферраллитизации являются каолинизация при преобладании каолинита в продуктах выветривания и аллитизация (бокситизация) при преобладании гидроксидов алюминия [25].

Данные рентгеноструктурного анализа, приведенные на рисунке 3.1.6, показывают процентное распределение минералов в глинистой фракции образцов почв. Наблюдается возникновение кварц-каолинового профиля

выветривания. В верхней части почвенного профиля накапливается устойчивый к разложению кварц, при этом наблюдается постепенное уменьшение содержания кварца и увеличения содержания каолинита, гиббсита и вермикулита с глубиной.

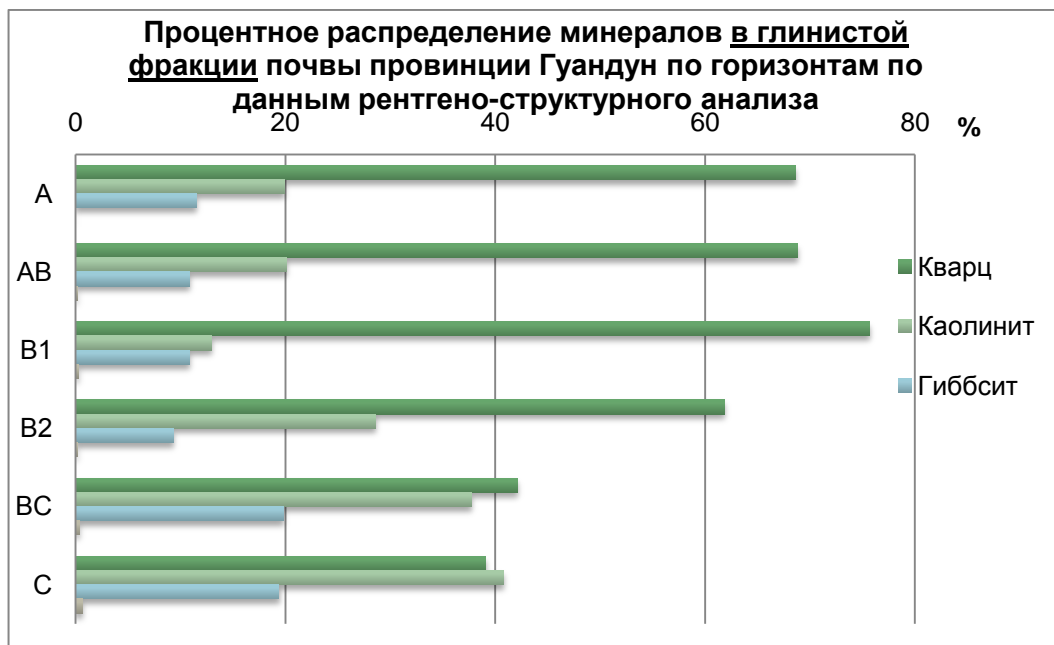


Рисунок 3.1.6 – Процентное распределение минералов в глинистой фракции почв провинции Гуандун по данным рентгеноструктурного анализа.

Ферраллитный тип почв формируются в результате выветривания (сопровождается распадом большей части первичных минералов, за исключением кварца, и накоплением вторичных – каолинита, гетита, гиббсита и др.).

Дальнейший минералогический анализ этих фракций осуществлялся с использованием оптических (бинокулярный микроскоп) и электронно-микроскопических (электронный микроскоп Hitachi S-3400N) методов исследований.

По результатам оптического и электронно-микроскопического исследований тяжелой фракции установлено, что в ней преобладают глинистые частицы, пронизанные тонкой смесью гиббсита и примазками гематита. В этих агрегатах просматриваются неустановленная минеральная фаза, представляющая собой смесь оксидов неодимия и железа (рис.3.1.7).



a)

Element	AN	series	Net	[wt.%]	[norm. wt.%]	[norm. at.%]	Error in %
Carbon	6	K-series	14663	9,287487	9,481507	18,43859	1,260547
Oxygen	8	K-series	47675	39,54536	40,37148	58,93868	4,703991
Aluminium	13	K-series	6613	2,333425	2,382171	2,062223	0,144363
Silicon	14	K-series	4712	1,381722	1,410587	1,173133	0,090341
Iron	26	K-series	65762	45,40571	46,35425	19,38738	1,242413
			Sum:	97,9537	100	100	

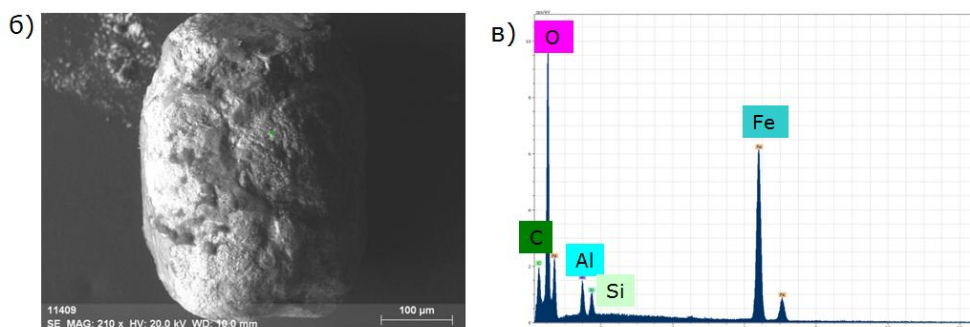


Рисунок 3.1.7 – Минеральная фаза оксидов железа и неодимия (б), энергодисперсионный спектр (в) и состав (а) (провинция Гуандун)

В единичных случаях отмечаются зерна торийсодержащего циркона (рис. 3.1.8).

a)

Element	AN	series	Net	[wt.%]	[norm. wt.%]	[norm. at.%]	Error in %
Carbon	6	K-series	13634	5,276002	6,340191	12,52623	4,977066
Oxygen	8	K-series	59488	38,57258	46,35282	68,74949	4,514848
Sodium	11	K-series	3183	0,608826	0,731628	0,755184	0,068225
Aluminium	13	K-series	8455	1,085512	1,304464	1,147262	0,079754
Silicon	14	K-series	62983	6,337819	7,616182	6,435054	0,297594
Chlorine	17	K-series	1405	0,300094	0,360624	0,241381	0,03904
Potassium	19	K-series	1632	0,398692	0,47911	0,290787	0,042349
Calcium	20	K-series	1467	0,420152	0,504898	0,298947	0,042903
Iron	26	K-series	4389	2,363618	2,840369	1,206902	0,099435
Zirconium	40	L-series	114956	25,96651	31,20405	8,117064	1,015947
Thorium	90	M-series	3631	1,885376	2,265664	0,231704	0,105779
			Sum:	83,21518	100	100	

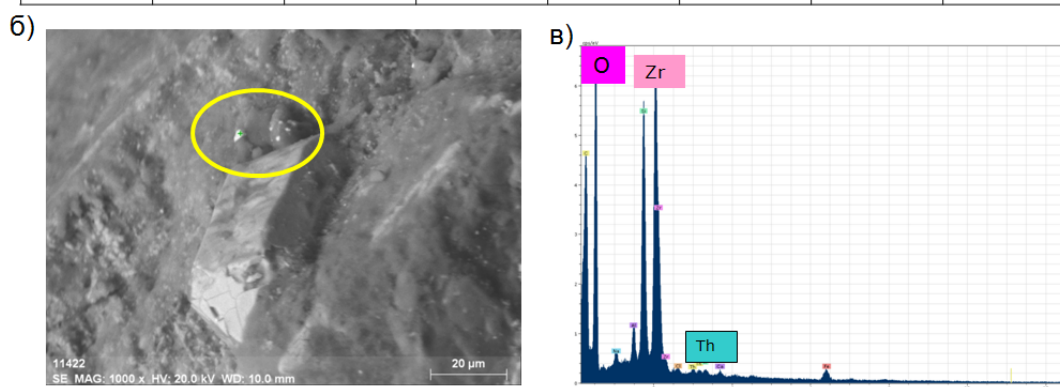


Рисунок 3.1.8 – Минеральная фаза торийсодержащего циркона (б), энергодисперсионный спектр (в) и состав (а) (провинция Гуандун)

Глинистая фракция также была подвержена электронно-микроскопическому анализу, по данным которого во фракции были выявлены фосфаты тяжелых и легких редких земель (рис. 3.1.9, 3.1.10, 3.1.11), минерал монацита (рис. 3.1.12), минерал циркона с примесями радиоактивных элементов (рис.3.1.16), ксенотим (рис.3.1.15), а также торит и редкоземельная цериевая фаза с торием. Самым распространенными минералами являются оксиды железа и титана, соединения меди с цинком (типа латуни) и барит. Также присутствуют микроминералы серебра с серой, возможно, сульфиды серебра (рис. 3.1.13), микроминеральные образования висмута и серы (рис. 3.1.14), диоксид циркония (бадделеид), медно-никелевые соединения.

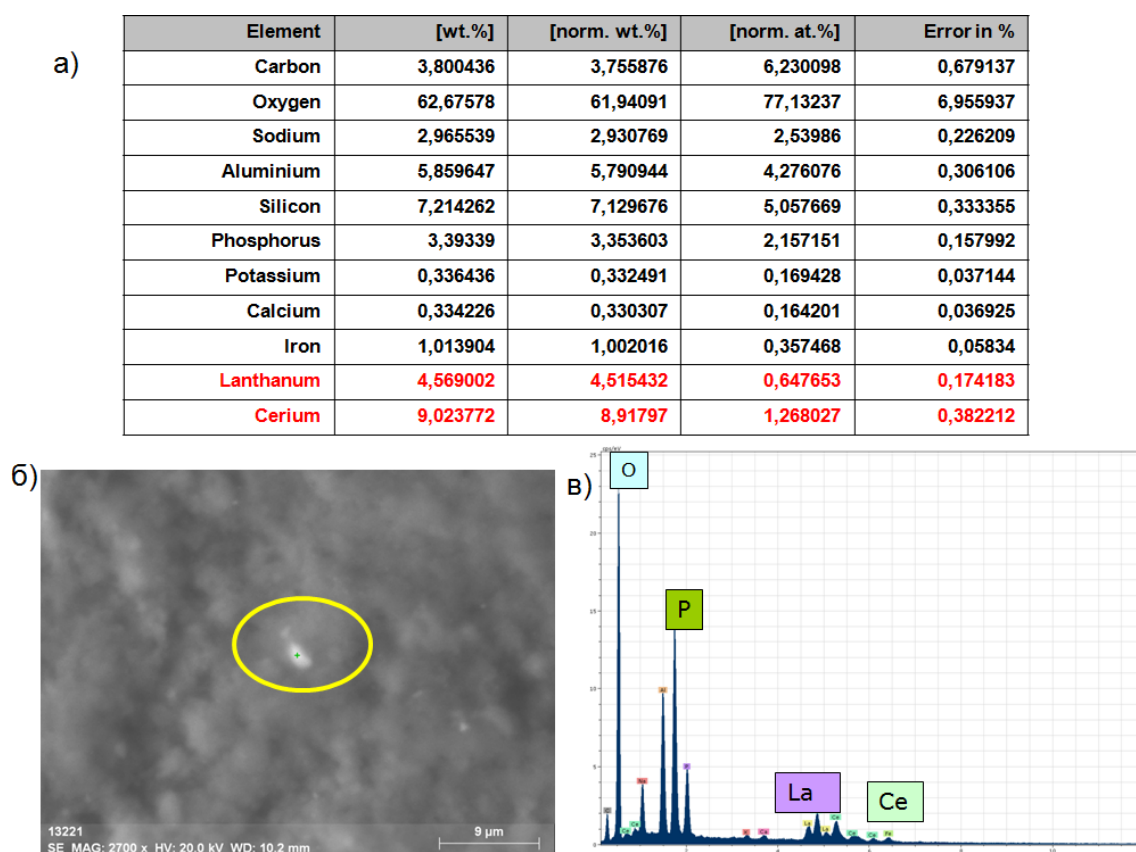


Рисунок 3.1.9 – Минеральная фаза фосфата редких земель (б), энерго-дисперсионный спектр (в) и состав (а) (провинция Гуандун)

a)

Element	[wt.%]	[norm. wt.%]	[norm. at.%]	Error in %
Carbon	2,254039	2,830595	6,640686	0,327863
Oxygen	27,25863	34,23107	60,28802	2,924639
Sodium	0,94107	1,181785	1,448499	0,086243
Aluminium	2,370814	2,977241	3,109292	0,144357
Silicon	3,9757	4,992637	5,009128	0,195868
Phosphorus	11,48598	14,42396	13,12215	0,488408
Sulfur	0,016661	0,020922	0,018386	0,002248
Potassium	0,445496	0,559449	0,403197	0,039102
Calcium	0,233436	0,293146	0,206107	0,032494
Yttrium	17,23769	21,64689	6,86087	1,23777
Gadolinium	2,875756	3,611341	0,647131	0,112715
Dysprosium	5,527792	6,941736	1,20373	0,237796
Erbium	2,639268	3,314362	0,56837	0,102745
Ytterbium	2,368929	2,974873	0,484436	0,314859

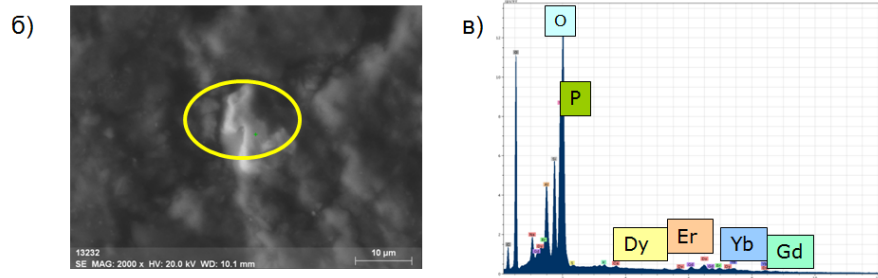


Рисунок 3.1.10 – Минеральная фаза фосфата тяжелых редких земель (б), энерго-дисперсионный спектр (в) и состав (а) (провинция Гуандун)

a)

Element	AN	series	Net	[wt.%]	[norm. wt.%]	[norm. at.%]	Error in wt.% (1 Sigma)
Carbon	6	K-series	12460	0	0	0	0
Oxygen	8	K-series	24238	37,088	47,277	76,936	4,687
Aluminium	13	K-series	9782	4,817	6,140	5,925	0,267
Silicon	14	K-series	10566	4,265	5,437	5,040	0,216
Phosphorus	15	K-series	9658	5,314	6,773	5,694	0,244
Lanthanum	57	L-series	5651	8,853	11,285	2,115	0,300
Cerium	58	L-series	11007	18,112	23,088	4,290	0,550

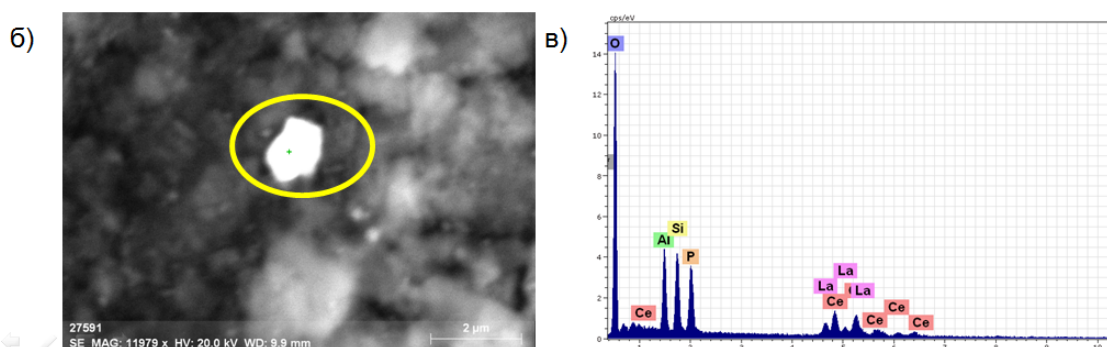


Рисунок 3.1.11 – Минеральная фаза фосфата церия и лантана (б), энерго-дисперсионный спектр (в) и состав (а) (провинция Гуандун)

a)

Element	[wt.%]	[norm. wt.%]	[norm. at.%]	Error in %
Carbon	13,07538	12,80437	21,47008	2,100618
Oxygen	49,77425	48,74262	61,35637	6,01135
Sodium	5,340268	5,229584	4,581282	0,39883
Aluminium	4,569562	4,474852	3,340154	0,247944
Silicon	5,724211	5,605569	4,019685	0,272482
Phosphorus	3,853886	3,77401	2,453938	0,178722
Potassium	0,199754	0,195614	0,100762	0,034802
Calcium	0,195437	0,191386	0,096174	0,034506
Lanthanum	4,715562	4,617826	0,669534	0,206158
Cerium	11,93181	11,68451	1,679441	0,563068
Thorium	2,736373	2,679658	0,232581	0,12171

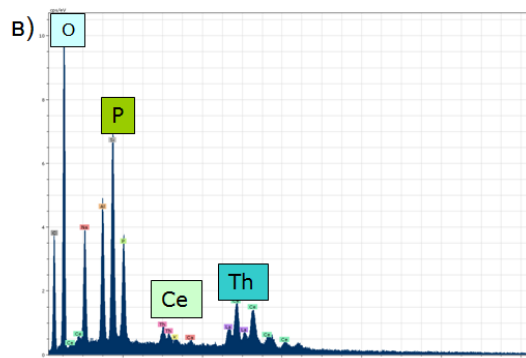
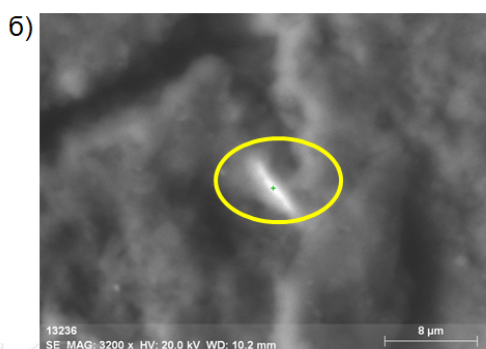


Рисунок 3.1.12 – Минерал монацит (б), его энерго-дисперсионный спектр (в) и состав (а) (провинция Гуандун)

a)

Element	AN	series	Net	[wt.%]	[norm. wt.%]	[norm. at.%]	Error in %
Carbon	6	K-series	7326	3,264867	3,588259	7,395013	0,518619
Oxygen	8	K-series	45350	36,81631	40,46304	62,60214	4,399329
Sodium	11	K-series	10748	2,797886	3,075021	3,310914	0,210996
Aluminium	13	K-series	55720	7,447735	8,185447	7,509483	0,383378
Silicon	14	K-series	87397	9,022913	9,916649	8,740115	0,411455
Sulfur	16	K-series	27336	3,172569	3,486818	2,691652	0,141158
Calcium	20	K-series	1826	0,254861	0,280106	0,173002	0,037048
Iron	26	K-series	5476	1,969884	2,165005	0,959607	0,085225
Silver	47	L-series	155458	26,24049	28,83966	6,618077	0,84434
			Sum:	90,98752	100	100	

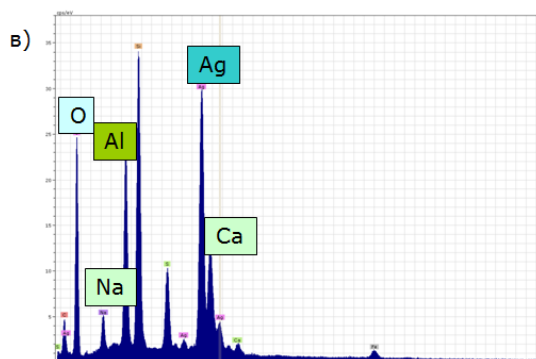
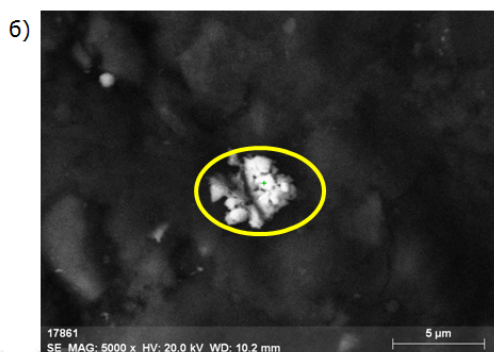


Рисунок 3.1.13 – Минеральная фаза сульфида серебра (б), энерго-дисперсионный спектр (в) и состав (а) (провинция Гуандун)

a)

Element	AN	series	Net	[wt.%]	[norm. wt.%]	[norm. at.%]	Error in %
Carbon	6	K-series	2835	3,168949	2,591138	5,436024	0,960205
Oxygen	8	K-series	55768	56,1439	45,90689	72,30098	6,590369
Sodium	11	K-series	11234	2,695787	2,204251	2,415997	0,203963
Magnesium	12	K-series	2033	0,355445	0,290635	0,301316	0,047921
Aluminium	13	K-series	69184	9,318397	7,619326	7,115735	0,472595
Silicon	14	K-series	95887	9,829556	8,037282	7,211026	0,445777
Sulfur	16	K-series	899	0,146575	0,119849	0,094181	0,035967
Potassium	19	K-series	1724	0,380569	0,311178	0,200549	0,117851
Calcium	20	K-series	2304	0,554446	0,453351	0,285035	0,046061
Iron	26	K-series	5785	2,679917	2,191274	0,988705	0,106388
Bismuth	83	L-series	10865	37,02596	30,27482	3,650447	1,227143
Sum:				122,2995	100	100	

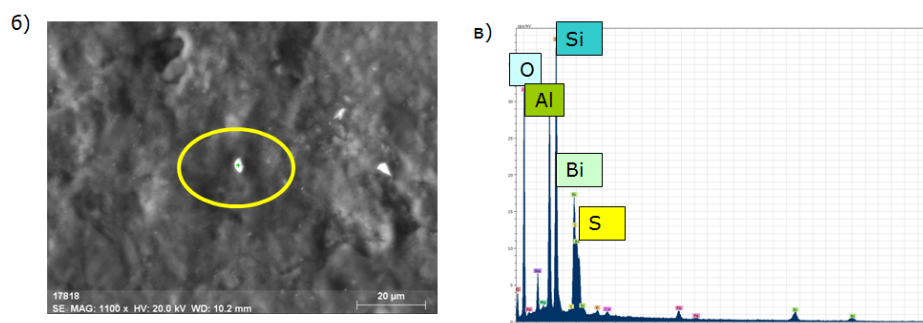


Рисунок 3.1.14 – Микроминеральные образования висмута и серы (б), энерго-дисперсионный спектр (в) и состав (а) (провинция Гуандун)

a)

Element	AN	series	Net	[wt.%]	[norm. wt.%]	[norm. at.%]	Error in wt.% (1 Sigma)
Carbon	6	K-series	98930	0	0	0	0
Oxygen	8	K-series	417508	51,451	58,143	75,971	5,489
Aluminium	13	K-series	317013	11,186	12,641	9,794	0,560
Silicon	14	K-series	322399	9,710	10,973	8,168	0,439
Phosphorus	15	K-series	103487	3,909	4,418	2,982	0,177
Potassium	19	K-series	2820	0,121	0,137	0,073	0,030
Iron	26	K-series	15615	1,430	1,616	0,605	0,065
Copper	29	K-series	2267	0,326	0,369	0,121	0,037
Yttrium	39	L-series	104303	6,832	7,721	1,815	0,296
Dysprosium	66	L-series	8434	1,155	1,306	0,168	0,059
Erbium	68	L-series	4742	0,729	0,824	0,103	0,048
Ytterbium	70	L-series	5358	0,949	1,072	0,130	0,054
Thorium	90	M-series	7494	0,691	0,780	0,070	0,049

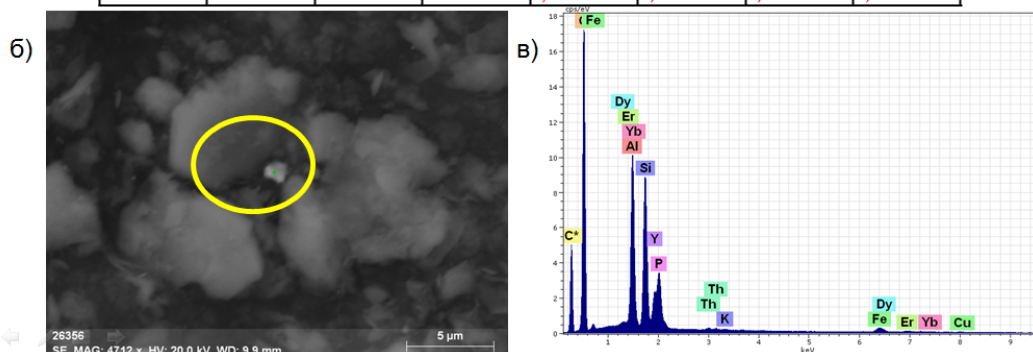


Рисунок 3.1.15 – Минерал ксенотим с примесями тория и тяжелых редких земель (б), энерго-дисперсионный спектр (в) и состав (а) (провинция Гуандун)

a)

Element	AN	series	Net	[wt.%]	[norm. wt.%]	[norm. at.%]	Error in wt.% (1 Sigma)
Carbon	6	K-series	12815	0	0	0	0
Oxygen	8	K-series	33720	38,092	53,265	77,957	4,664
Aluminium	13	K-series	18358	4,524	6,326	5,490	0,247
Silicon	14	K-series	35828	7,474	10,451	8,713	0,348
Scandium	21	K-series	372	0,199	0,278	0,145	0,038
Iron	26	K-series	3840	3,563	4,982	2,089	0,139
Copper	29	K-series	259	0,413	0,578	0,213	0,055
Zirconium	40	L-series	28157	13,255	18,535	4,758	0,539
Hafnium	72	L-series	771	1,755	2,454	0,322	0,109
Thorium	90	M-series	1497	1,465	2,049	0,207	0,089
Uranium	92	M-series	768	0,775	1,083	0,107	0,065

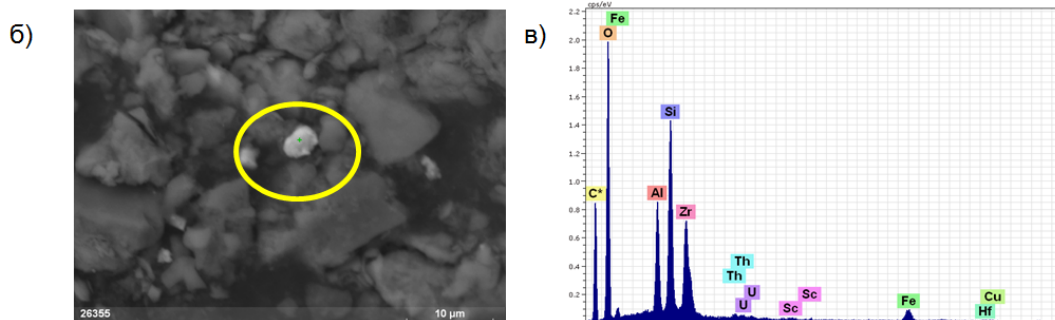


Рисунок 3.1.16 – Минерал циркон с примесями тория и урана (б), энергодисперсионный спектр (в) и состав (а) (провинция Гуандун)

Дальнейшим этапом исследований было проведение f-радиографии (осколочной радиографии).

После химического травления природной слюды (флогопита) в плавиковой кислоте и последующего промывания в воде образец был исследован под оптическим микроскопом. Осколки спонтанного или вынужденного деления ядер урана оставляют на образце дефектные области (треки), по которым можно определить пространственное распределение элемента (рис.3.1.17, 3.1.18, 3.1.19).

Анализ трековых детекторов показал, что уран в образце распределяется равномерно. Это значит, что уран находится в тесной связи с глинистой составляющей в виде сорбции.



Рисунок 3.1.17 – Характер распределения урана в исследуемом образце почв провинции Гуандун по данным f-радиографии. Детектор – слюда, объектив 20х



Рисунок 3.1.18 – Характер распределения урана в исследуемом образце почв провинции Гуандун по данным f-радиографии. Детектор – слюда, объектив 50х



Рисунок 3.1.19 – Характер распределения урана в исследуемом образце почв провинции Гуандун по данным f-радиографии. Детектор – слюда, объектив 100х

### 3.2 Минералого-геохимические особенности почв региона Овернь

Методом инструментального нейтронно-активационного анализа была исследована почва французского региона Овернь, который показал, что именно в тонкой песковой ( $<0,04$ ) и ( $<0,01$ ) фракциях происходит максимальное накопление редких земель и радиоактивных элементов, как и в случае с китайской почвой. На основе данных ИНАА был построен график содержания химических элементов в различных фракциях почвы региона Овернь.

Максимальное накопление радиоактивных элементов отмечается во фракциях размерностью 0,04 мм и 0,01. При этом, максимум накопления U (12,82 г/т) и Th (12,6 г/т) отмечается в тонкой песчаной фракции размерностью 0,04мм. Ториево-урановые отношения по фракциям изменяются от 1 до 2,5.

Такое накопление элементов в тонких фракциях объясняется аккумуляцией редких элементов новообразованными тонкодисперсными, в особенности глинистыми минералами, являющаяся типичным ионообменным процессом. В ионном обмене могут участвовать как изоморфные, так и



сорбированные ионы [12].

Таблица 3.2.1 – Результаты инструментального нейтронно- активационного анализа почвы региона Овернь

Элементы	Sm	Ce	Ca, %	Lu	U	Th	Cr	Yb	Sr	
Содержание, г/т	2,14	29,3	2,53	0,103	6,4 4	4,6	11, 7	0,8	30	
Элементы	Nd	As	Ag	Au	Hf	Ba	Br	Cs	Tb	
Содержание, г/т	20,8	24,3	0,5	0,002	2,26	482	5,8	96,51	0,33	
Элементы	Sc	Rb	Fe, %	Zn	Ta	Co	Na, %	Eu	La	Sb
Содержание, г/т	3,2	443,8	1,19	108,9	7,01	2,19	0,48	0,65	11,3	1,28

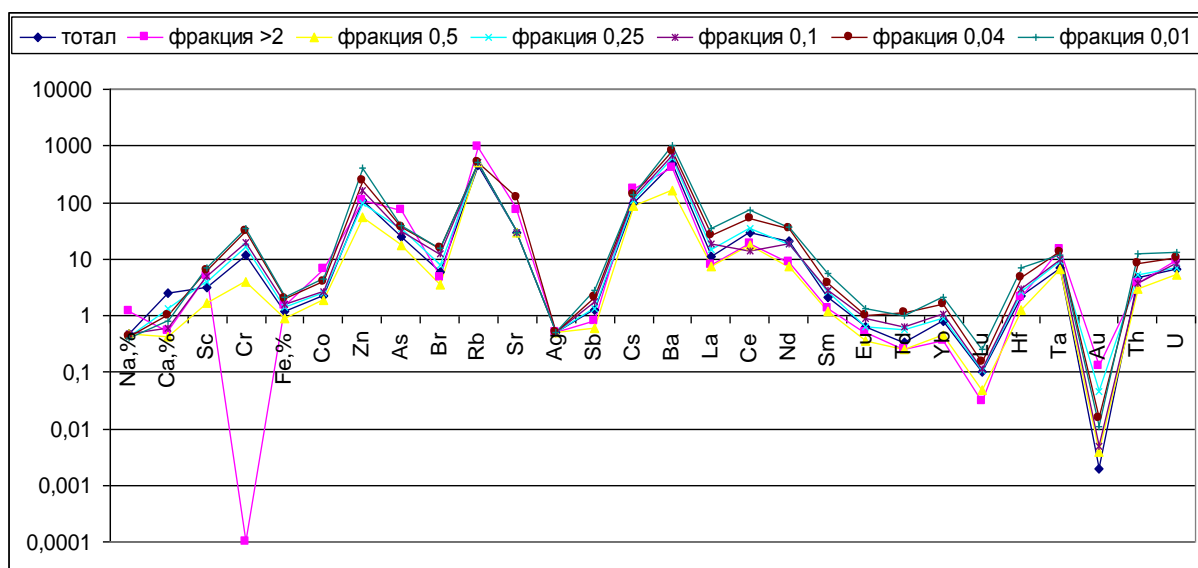


Рисунок 3.2.1 – Содержание химических элементов в различных фракциях почв региона Овернь по данным ИНАА

Следует отметить, что характер радиоактивности в почвах изменяется от чисто-урановой ( $U \gg Th$ ) до смешанной уран-ториевой ( $Th/U > 2,5$ ) и ториевой ( $Th/U > 5$ , как это имеет место в почвах провинции Гуандунг) [11].

Важным оценочным показателем состояния почв является торий-урановое

отношение. В почвах, не подверженных интенсивному техногенному воздействию, этот показатель для большинства типов почв различных природно-климатических зон находится на уровне 3-5 (рис.3.2.2), что соответствует нормальному отношению тория к урану в основных типах горных пород [31].

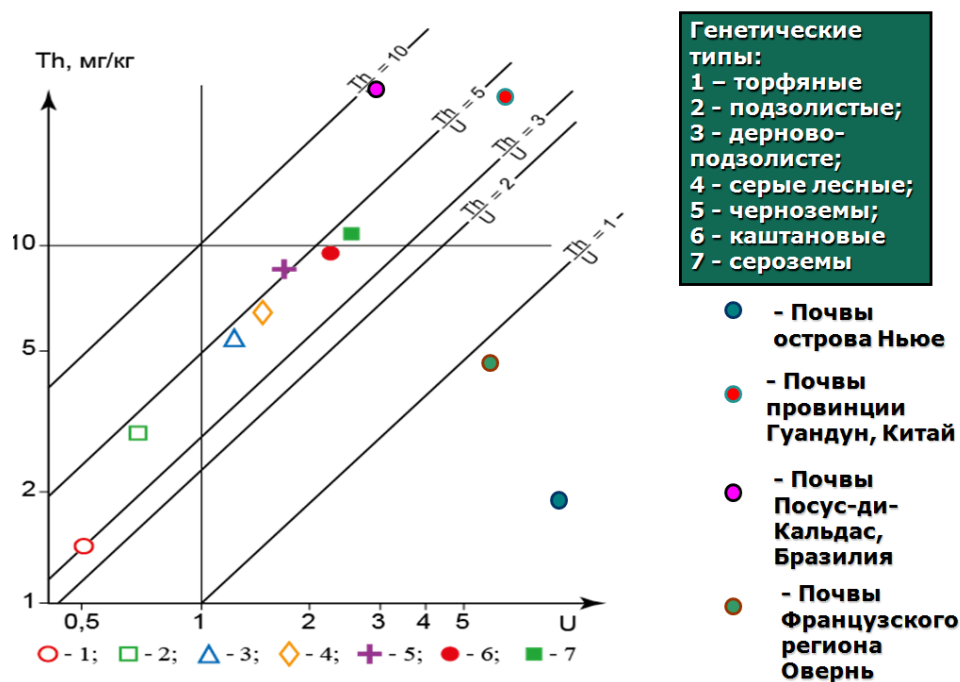


Рисунок 3.2.2 – Радиогеохимическая типизация генетических типов почв [31]

Высокие (>5) торий-урановые отношения в почвах характерны для районов с проявлением ториеносных геологических образований. Это имеет место быть в почвах провинции Гуандун (отношение тория к урану по фракциям изменяется от 4,3 до 9).

Пониженные торий-урановые отношения отмечены в почвах ураноносных районов. Почвы региона Овернь отличаются низкими торий-урановыми отношениями в пределах 1-2,4.

Дальнейший минералогический анализ образца почвы региона Овернь осуществлялся с использованием электронно-микроскопического (электронный микроскоп «Hitachi S-3400N») метода исследований, по данным которого во фракции были выявлены фосфат бария (рис. 3.2.3), минерал галенит (рис. 3.2.4), наиболее распространенными минеральными образованиями оказались оксиды

титана (рис.3.2.5) железа и цинка (рис.3.2.6).

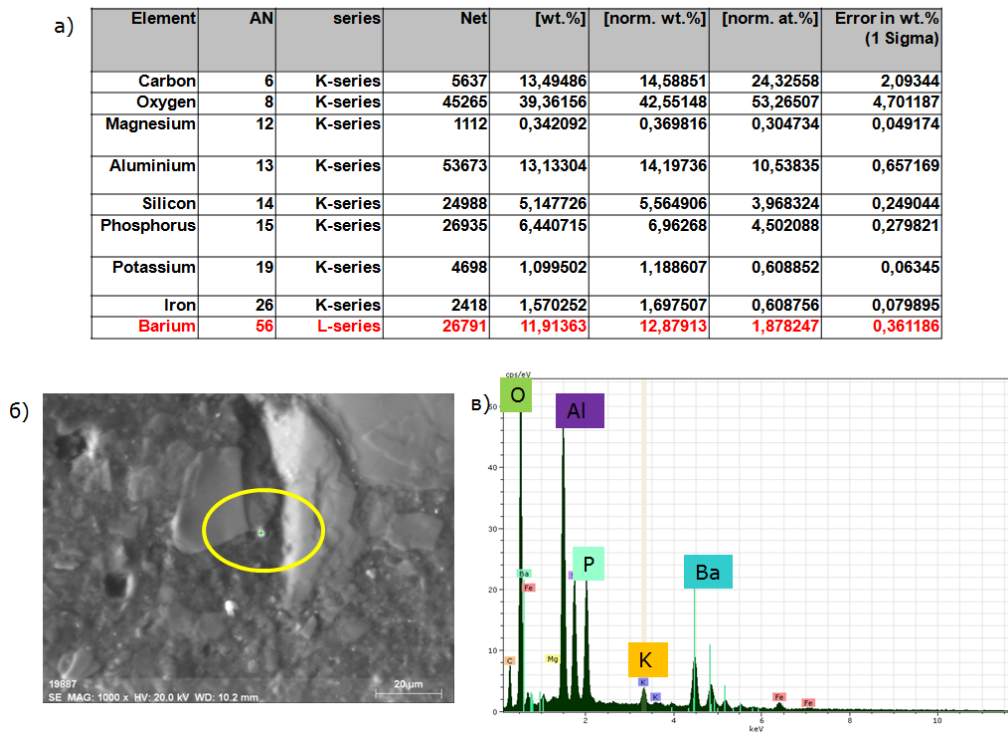


Рисунок 3.2.3 – Минеральная фаза фосфата бария (б), энерго-дисперсионный спектр (в) и состав (а) (регион Овернь)

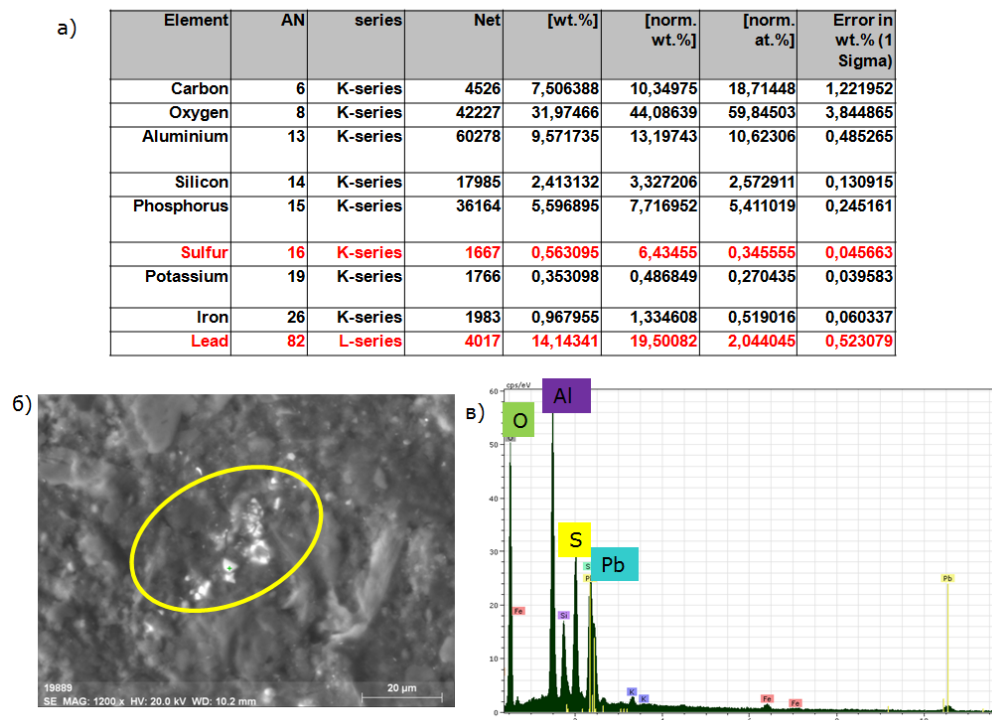


Рисунок 3.2.4 – Минерал галенит (б), его энерго-дисперсионный спектр (в) и состав (а) (регион Овернь)

a)

Element	AN	series	Net	[wt.%]	[norm. wt.%]	[norm. at.%]	Error in wt.% (1 Sigma)
Carbon	6	K-series	4529	8,951889	8,674473	14,90476	1,452247
Oxygen	8	K-series	30822	50,43372	48,87079	63,03861	6,217447
Aluminium	13	K-series	32035	5,722572	5,545231	4,241446	0,302207
Silicon	14	K-series	38595	5,834117	5,653319	4,154151	0,27694
Potassium	19	K-series	11307	2,436102	2,360608	1,246025	0,103723
Titanium	22	K-series	91512	29,15114	28,24775	12,17561	0,837512
Iron	26	K-series	1169	0,668542	0,647824	0,239397	0,052989
			Sum:	103,1981	100	100	

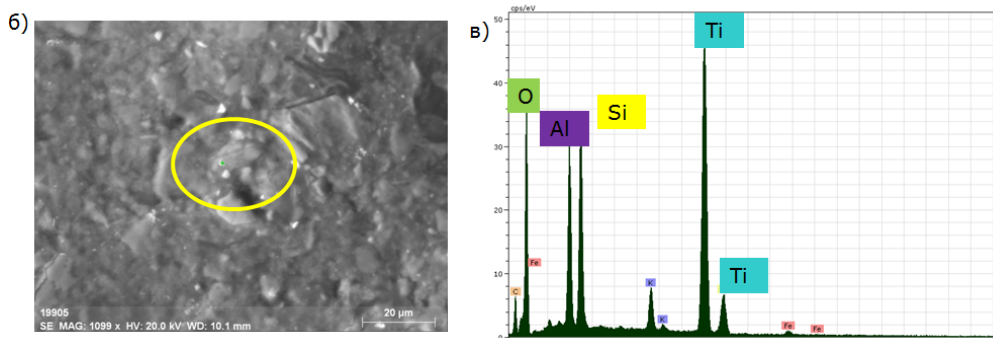


Рисунок 3.2.5 – Минеральная фаза оксидов титана (б), его энерго-дисперсионный спектр (в) и состав (а) (регион Овернь)

a)

Element	AN	series	Net	[wt.%]	[norm. wt.%]	[norm. at.%]	Error in wt.% (1 Sigma)
Carbon	6	K-series	5984	0	0	0	0
Oxygen	8	K-series	6119	10,41961	12,069	34,538	1,600
Aluminium	13	K-series	3614	2,004044	2,321	3,939	0,133
Silicon	14	K-series	3710	1,464539	1,696	2,765	0,096
Zinc	30	K-series	36968	72,44775	83,914	58,757	2,021

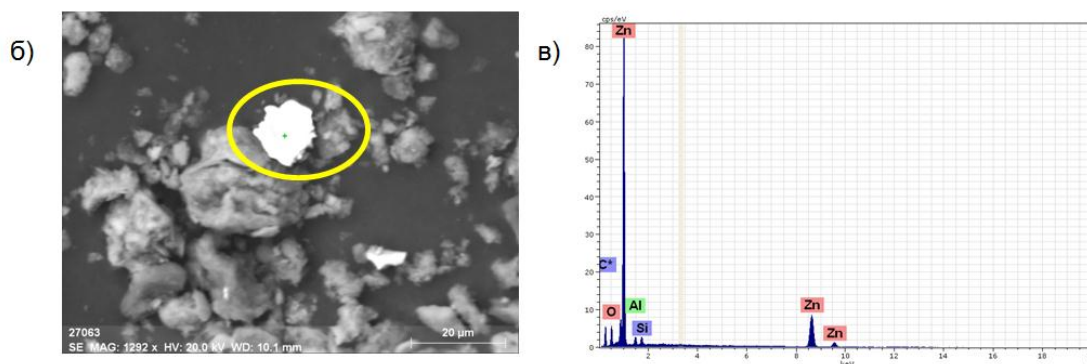


Рисунок 3.2.6 – Минеральная фаза оксидов цинка(б), его энерго-дисперсионный спектр (в) и состав (а) (регион Овернь)

Анализ образца почвы региона Овернь методом осколочной

радиографии показал, что уран в образце распределяется в виде «звезд» (рис.3.2.7, 3.2.8). Это свидетельствует о нахождении урана в образцах почв в виде изоморфной примеси в акцессорных минералах или собственных ураносодержащих минералах.

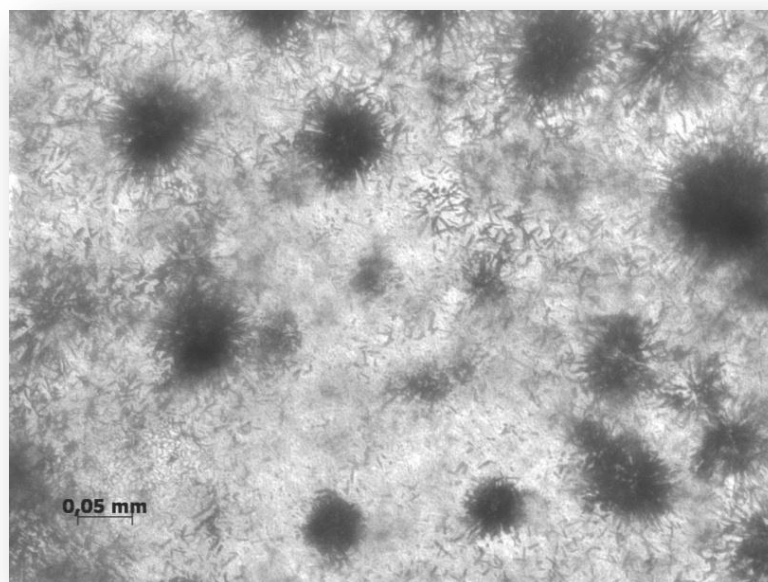


Рисунок 3.2.7 – Характер распределения урана в исследуемом образце почв региона Овернь по данным f-радиографии. Детектор – слюда, объектив 50х

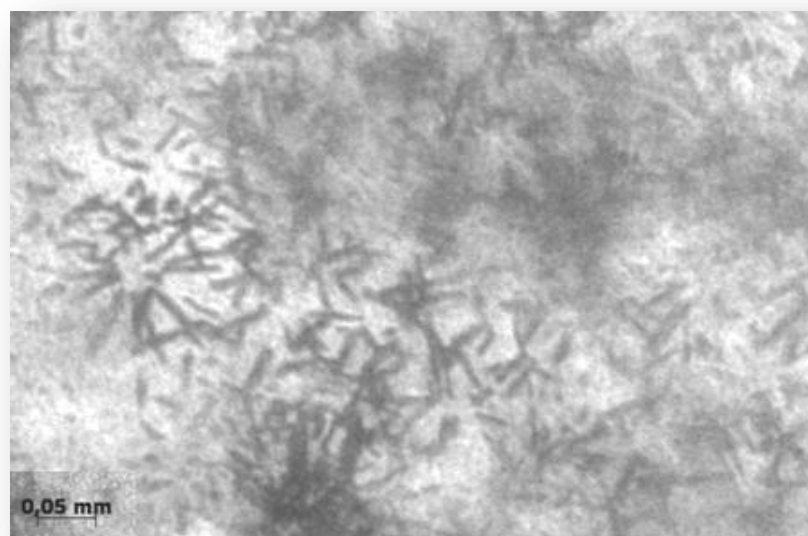


Рисунок 3.2.8– Характер распределения урана в исследуемом образце почв региона Овернь по данным f-радиографии. Детектор – слюда, объектив 100х  
Данные рентгеноструктурного анализа, приведенные на рисунке 3.2.9,

показывают процентное распределение минералов в тонкодисперсной фракции (0,01) образцов почв из региона Овернь. В большей степени – 80% в образце содержится кварц ( $\text{SiO}_2$ ), также были идентифицированы минералы мусковит ( $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$  – 12%, лизардит ( $(\text{Mg, Al})_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$  – 6,5%, трифилин ( $\text{Li (Mg,Fe)PO}_4$ ) – 1%, санидин ( $\text{K[AlSi}_3\text{O}_8]$ ) – 0,5%.

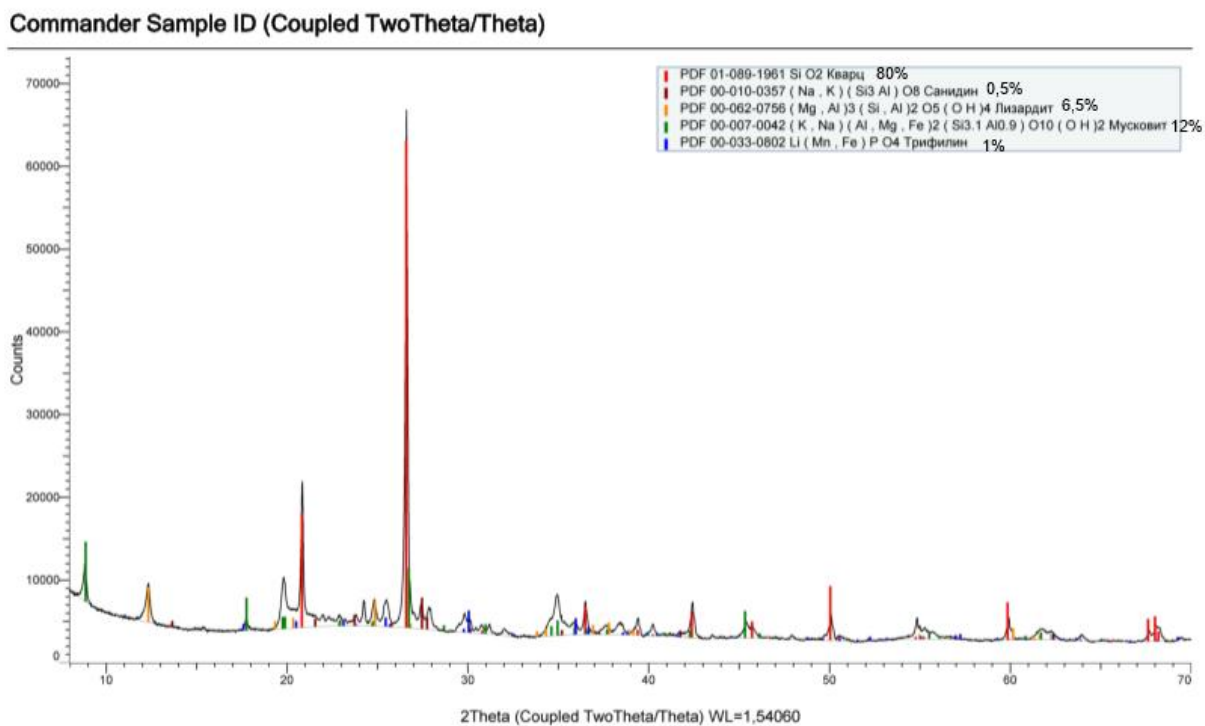


Рисунок 3.2.9 – Данные рентгеноструктурного анализа тонкодисперсной фракции образца почв региона Овернь.

## 4 Радиоэкологические проблемы в районах с повышенным содержанием радионуклидов в почвах

### 4.1 Радоновая опасность

В районах развития высокорadioактивных почв возникают радиоэкологические проблемы, связанные в первую очередь с повышенным содержанием радона. Наличие данного газа обусловлено пористостью, влажностью и содержанием урана в почвообразующих породах. Повышенное содержание радона в жилых домах опасно для здоровья людей.

Мощность поглощенной дозы (нГр/ч-1) в районах с высокой радиоактивностью в почвах представлена на сравнительной диаграмме (рис.4.1.1) при норме 80 нГр/ч.

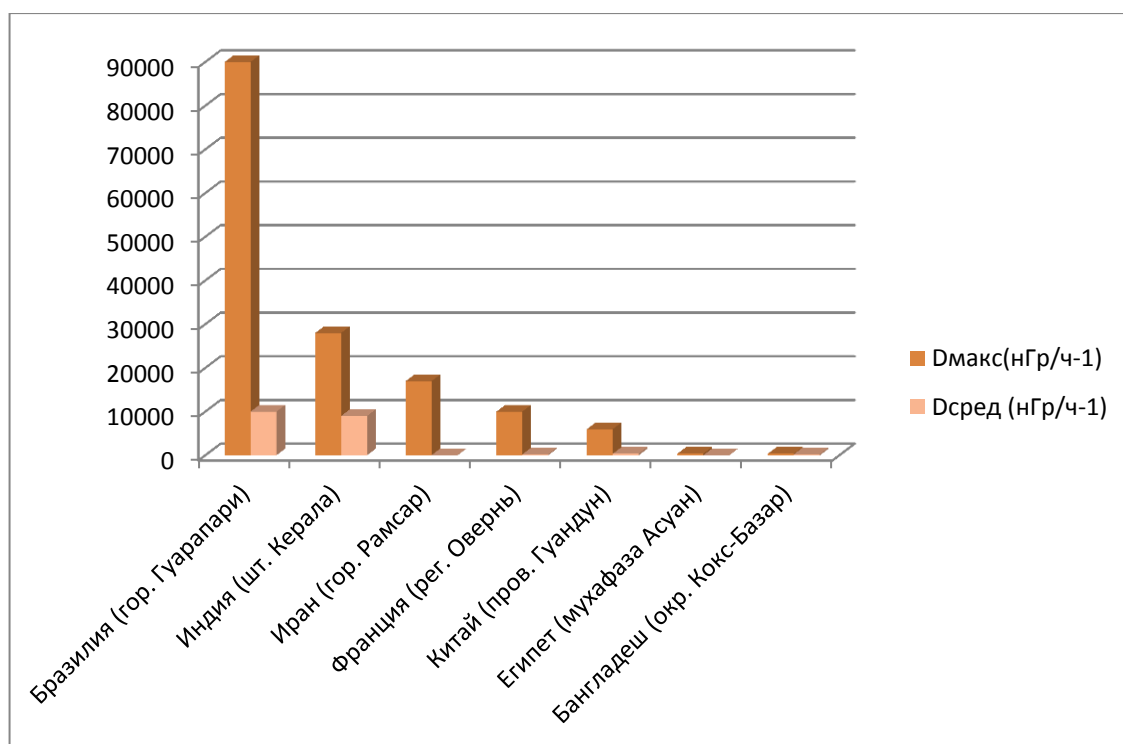


Рисунок 4.1.1 – Мощность поглощенной дозы (нГр/ч) в районах с высокой радиоактивностью в почвах [66]

Китайскими коллегами из КГУ (профессор Нанпинг Ван) были проведены исследования радиоационной обстановки в провинции Гуандун (в городах Чжухай и Шеньжень). По результатам исследований китайские ученые отмечают повышенный уровень радиоактивности на исследуемой территории.

Среднее значение поглощенной дозы составляет 178,2 нГр/ч [70], это больше, чем рекомендуемое среднее значение 80 нГр/ч по UNSCEAR (1993) [65]. Также отмечаются значения мощности поглощенной дозы превышающие 200 нГр/ч (рис.4.1.2).

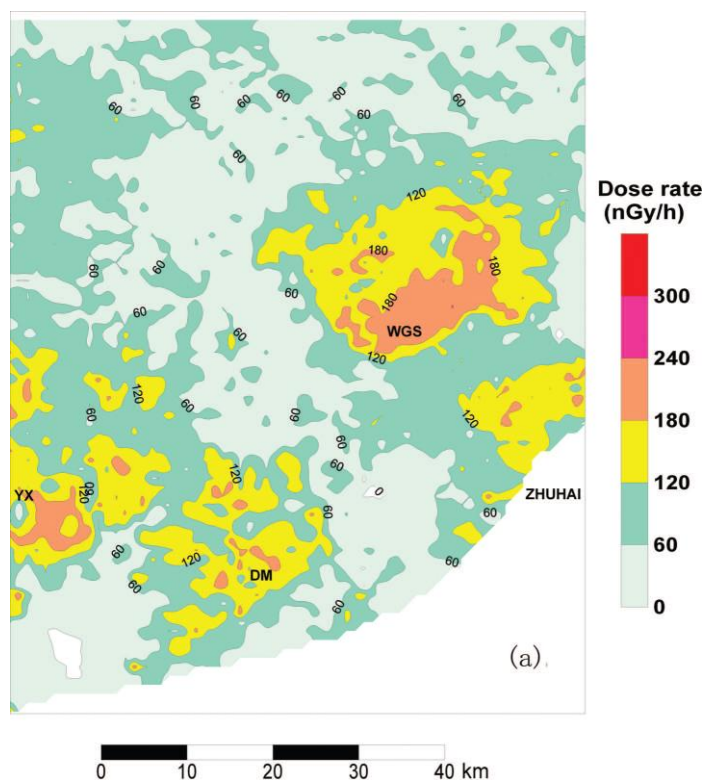


Рисунок 4.1.2 – Карта распространения мощности поглощенной дозы (нГр/ч) в районе города Чжухай, провинция Гуандун [70]

Радон в исследуемых районах также имеет высокие концентрации в почвенном воздухе ( $^{222}\text{Rn}$  - до 1199 кБк/м<sup>3</sup>,  $^{220}\text{Rn}$  - до 400 кБк/м<sup>3</sup>) это показано в таблице 2 и на рисунке 6. Повышенные концентрации радона отмечаются на обнажениях выветрелых гранитов [68].

Таблица 4.1.1– Содержание  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{220}\text{Rn}$  в почвенном воздухе в кБк/м<sup>3</sup>[68]

Isotope	Soil type	Number of samples	Mean	Standard deviation	Minimum	Maximum
$^{222}\text{Rn}$	WG	35	140.47	201.78	19.99	1199.24
	QS	12	37.50	49.86	3.27	187.05
	Others	20	67.57	46.26	0.74	157.45
$^{220}\text{Rn}$	WG	35	294.42	81.36	140.13	461.32
	QS	12	23.30	25.84	6.65	90.50
	Others	20	74.77	76.35	0.02	235.03
$^{222}\text{Rn}$		67	100.41	154.64	0.74	1199.24
$^{220}\text{Rn}$		67	180.29	141.29	0.02	461.32
$^{232}\text{Th}$ (Bq kg <sup>-1</sup> )		121	147.31	77.18	18.96	299.2

QS, Quaternary sedimentary; WG, weathered granite.



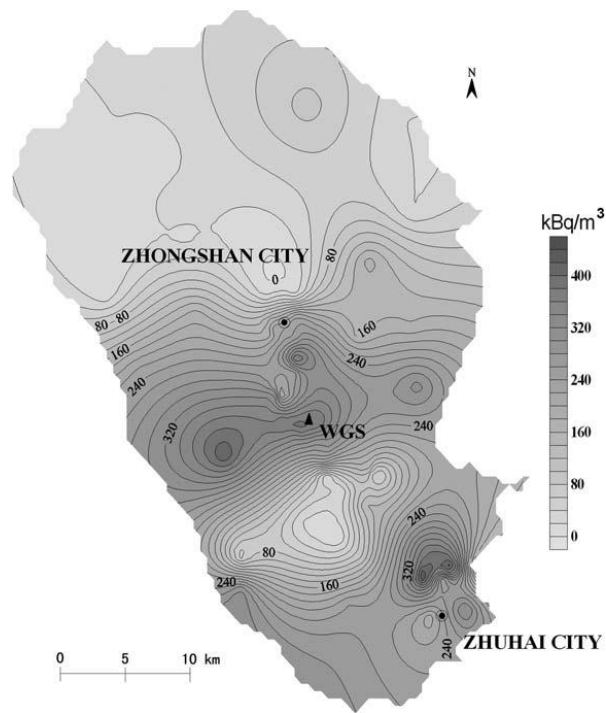


Рисунок 4.1.3 – Карта концентрации газа  $^{220}\text{Rn}$  ( $\text{kBq/m}^3$ ) в районе города Чжухай, провинция Гуандун [68].

Из данных статьи китайских и японских ученых Hiroshige Morishima и Taeko Koga в провинции Гуандун широко распространено строительство зданий из кирпичей с использованием местной глины (рис. 4.1.4), содержащей радиоактивные элементы. Внутри здания из этих кирпичей, концентрация радона и  $\gamma$ -излучения очень высоки [20]. Использование природных материалов, содержащих высокие концентрации естественных радионуклидов, в качестве строительных материалов, наполнителей бетонов, т.д., приводит к увеличению мощности экспозиционной дозы гамма-излучения внутри сооружений, а также является причиной накопления радона в помещениях.

Однако основной, наиболее вероятный путь накопления радона в помещениях связан с выделением радона непосредственно из грунта, на котором построено здание.

Известны случаи, когда в производственных подвальных помещениях, снабженных вытяжной вентиляцией, концентрация радона за счет подсоса воздуха из почвы, достигала  $8000 - 10.000 \text{ Bk/m}^3$ , что превышало нормы в 40 - 50 раз [21].



Рисунок 4.1.4 – Фотография производства кирпичей из высокорadioактивной глины в провинции Гуандун [60]

По данным Hiroshige Morishima и Taeko Koga доза облучения населения провинции Гуандун, накопленная на душу населения за год составляет 5, 87 мЗв/г (таблица 4.1.2).

Таблица 4.1.2 – Доза облучения, накопленная на душу население за год (провинция Гуандун) [60]

Доза облучения		НВРА (Madi, Guandong), мЗв/г	
Доза внешнего облучения		3.54	
Доза внутреннего	Ингаляция родона	1.24	
	Ингаляция торона	0.51	
	Еда	$^{40}\text{K}$	0.167
		$^{87}\text{Rb}$	0.006
		$^{238}\text{U} + ^{232}\text{Th}$	0.41
<b>Суммарная доза</b>		<b>5.87</b>	
Средняя эффективная доза (UNSCEAR (1988))		2.4	

Средняя годовая доза ионизирующих излучений (2,4 мЗв/год ) внешних и внутренних источников (вдыхаемый воздух, вода, еда), на человека.

Сравнивая среднемировые значения и значения дозы облучения населения провинции Гуандун можно сделать вывод, суммарная доза облучения будет превышена почти в 2 раза.

Исследования французских ученых в области радиозэкологии показывают, что на территории Центрального французского массива наблюдается повышенная активность радионуклидов (>150 Бк/м<sup>3</sup>) в домах региона Овернь (рис.4.1.5).

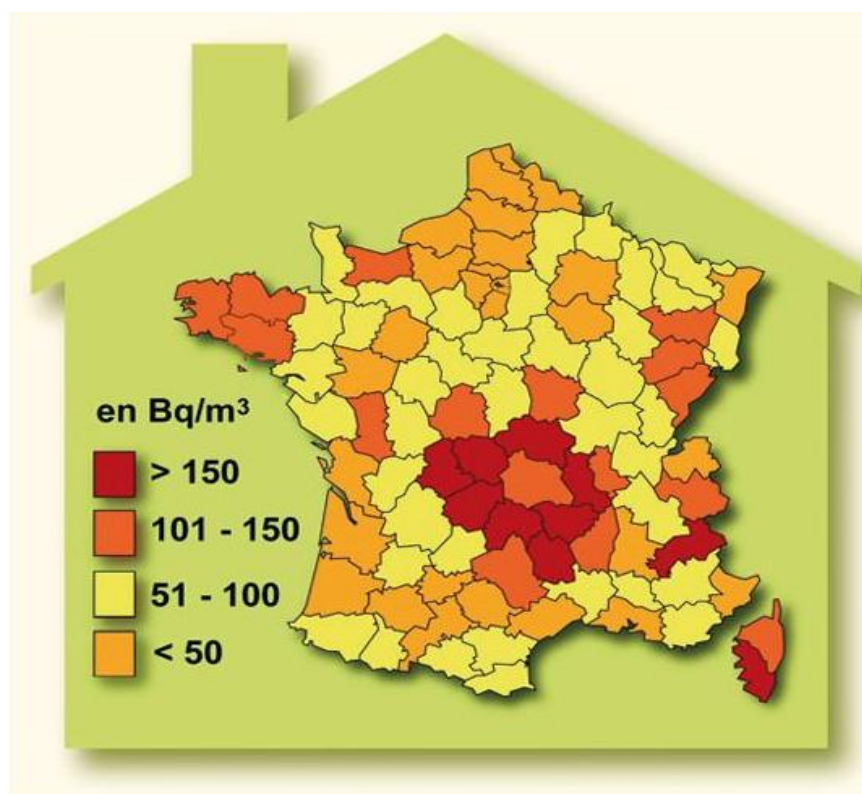


Рисунок 4.1.5 – Радиационная обстановка в жилых помещениях на территории Франции [23]

Ученые Gal Frederick, Gadalia Alain отмечают высокие концентрации радона в почвенном воздухе вблизи г. Виши (озеро Павин), рисунок 4.1.6 [58].

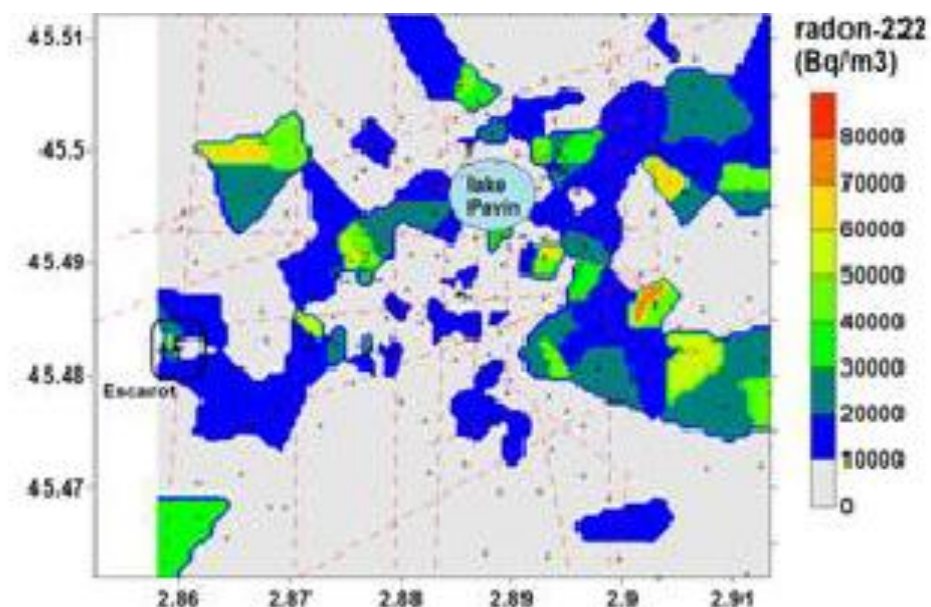


Рисунок 4.1.6 – Карта концентрации радона в почвенном воздухе вблизи города Виши и озера Павин [58]

В связи с существующими проблемами радоновой опасности вблизи озера Павин, были проведены измерения  $\text{CO}_2$ , радона, гелия в почвенном воздухе. Было выявлено, что газ постукает из мофетов или фумаролов (т.е. отверстий в земной коре, часто в непосредственной близости от вулканов, которые выпускают пары и газы). Такие структуры также встречаются в пределах всего Центрального массива (в Ардеше; в “пещере собаки” в Шамальере и Бриссак Гейзере в Сен-Морис-Эс-Алье, Пюи-де-дом) [58].

В других районах с повышенной естественной радиоактивностью также наблюдаются радиозэкологические проблемы.

Самыми высокими уровнями радиации отличаются залежи монацитовых песков, обнаруженных в штатах Эспириту-Санту и Рио-де-Жанейро вдоль Атлантического побережья. Неподалеку от города Посус-ди-Калдас в Бразилии, расположенного в 200 км к северу от Сан-Паулу, есть небольшая возвышенность. Как оказалось, здесь уровень радиации в 800 раз превосходит средний и достигает 250 мЗв/год. Чуть меньшие уровни радиации были зарегистрированы на морском курорте, расположенном в 600 км к востоку от этой возвышенности. В городе Гуарапари с населением 12 тыс. человек (и 30 тыс. человек постоянно отдыхающих) мощность поглощенной дозы колеблется

в пределах  $100 - 200 \text{ мкрад} \cdot \text{час}^{-1}$  ( $8800 - 17600 \text{ мкГр} \cdot \text{год}^{-1}$ ) на улицах и до  $2000 \text{ мкрад} \cdot \text{час}^{-1}$  ( $176 \text{ мГр} \cdot \text{год}^{-1}$ ) в некоторых местах на пляже [67].

Средняя мощность поглощенной дозы в воздухе за счет земного излучения в штате Керала (Индия) составляет  $130 \text{ мкрад} \cdot \text{час}^{-1}$  ( $11440 \text{ мкГр} \cdot \text{год}^{-1}$ ), что в 5 раз превышает средний радиационный фон излучения. Средняя величина поглощенной дозы для 70 000 человек, проживающих в Индии, равна  $3800 \text{ мкГр} \cdot \text{год}^{-1}$ . Причем 2440 получают дозы свыше 5 мГр, 6 % – свыше 10 мГр и около 0,7 % – свыше 20 мГр, что в 50 раз больше средней годовой дозы внешнего облучения от земных источников радиации [23], [63].

#### **4.2 Риски для здоровья, связанные с повышенной естественной радиоактивностью**

Учеными доказаны негативные эффекты на здоровье человека, связанные с превышением средней дозы излучения, это хромосомные и генные изменения, заболевания лейкемией, раком легких, саркомой и др.

Исследования, проведенные в районах с высокой фоновой радиоактивностью (Бразилия), показали, что у населения и рабочих, занятых добычей и переработкой монацита, отмечаются значительные аномалии хромосом по сравнению с контрольными группами населения. В Бразилии (штат Эспирито-Санту) и Индии (штат Керала) были отмечены нарушения репродуктивной функции женщин и изменения здоровья новорожденных, однако точной взаимосвязи с повышенной естественной радиоактивностью в этих районах выявлено не было [44].

У некоторых животных и растений, обитающих на территориях с высокой природной радиоактивностью, в различных их органах происходит накопление естественных радионуклидов. Так, доктор Войс на совещании в г. Гомель (1990 г.) сообщал, что от крыс и растений района Пасус-де-Кальдос (Бразилия), получают контрастные радиографические отпечатки на фоточувствительных материалах. На снимках (рис.4.2.1) отчетливо видны места скопления радионуклидов – светлые пятна. Основными местами скопления радионуклидов у мыши являются: ротовая полость, головной мозг, щитовидная

железа, пищевод, желудок, печень и жировая ткань, почки.

Общеизвестно, что уран, растворенный в воде, выступает не только в качестве радиационно опасного фактора, создающего внутреннее облучение организма, но и как тяжёлый металл - химически вредный компонент. Данный элемент и его соединения характеризуются политропным действием на органы и системы человека, особенно, почки, и, не случайно, уран иногда называют «почечным ядом» [30].

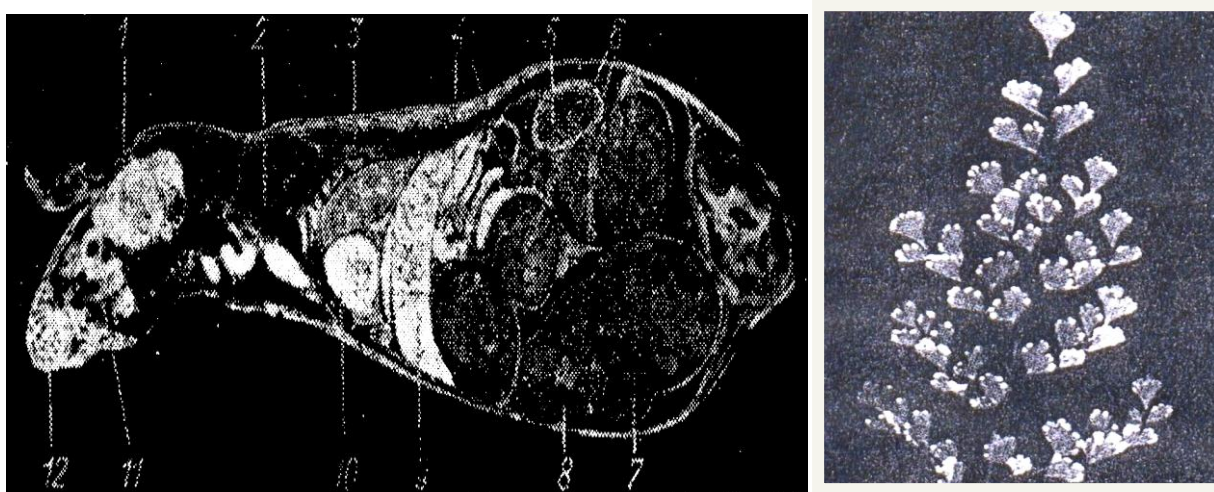


Рисунок 4.2.1 - Слева: автордиография мыши. Справа: автордиография растения *Adiantum* из района Паус-де- Кальдос, штат Минас-Жейрас (Бразилия). Рентгеновская плёнка. Негатив [31]

Учеными из Института медицинских наук (Дели, Индия) отмечается повышенная частота цитогенетических aberrаций у наблюдаемой группы в районе штата Керала. Как следствие хромосомных aberrаций наблюдается повышенная заболеваемость Синдромом Дауна у новорожденных, Идиопатическим (первичным) паркинсонизмом (рис. 4.2.1) [62].

Стоит отметить, что самый высокий уровень смертности от рака носоглотки в мире отмечен в южных районах Китая. Заболеваемость в провинции Гаундонг (Китай) колеблется от 18 до 40 случаев на 100.000 населения, для сравнения, в Европейских странах не превышает 4 случаев на 100.000 населения [72].

**Table 1** Prevalence of severe mental retardation\*

Type	Study population (12,918)		Control population (5,938)	
	Total	Per 1,000	Total	Per 1,000
<i>Genetic</i>				
Down's syndrome	12	0.93	0	0
SMR with physical abnormalities	12	0.93	1	0.17
<i>Idiopathic</i>	11	0.90	3	0.50
<i>Acquired</i> (Perinatal and postnatal)	6	0.46	3	0.50
<b>TOTAL</b>	<b>41</b>	<b>3.1</b>	<b>7</b>	<b>1.16</b>

The definition of severe mental retardation (SMR) is according to the WHO Classification of 1968. Figures in parentheses indicate the total number of persons surveyed.

Рисунок 4.2.1 - Распространенность некоторых видов умственной отсталости [62]

Этиология рака носоглотки связана с тремя основными компонентами: 1) генетической предрасположенностью, 2) вирусом Эпштейна-Барра, 3) повышенным содержанием радиоактивных элементов в окружающей среде. По словам профессора Su-Mei Cao: «прямая канцерогенность радона хорошо известна, но возможность активации вируса естественной ионизирующей радиацией следует изучать» [52].

На рисунке 4.2.2 приведены карты распределения смертности от рака носоглотки в КНР на 100.000 чел 1973-1975 гг. и распределения концентраций урана и тория (горизонт В) на территории КНР, сопоставление которых показывает отчетливую зависимость смертности от рака носоглотки от повышенного содержания радионуклидов в почвах южных провинций Китая.

Важно заметить, что если большие дозы радиации оказывают неблагоприятные эффекты на живые организмы - угнетают деление клеток, рост и развитие, то малые дозы стимулируют практически все физиологические процессы. Конкретные величины малых доз зависят от видовой характеристики, для млекопитающих они лежат в диапазоне до 0,5 Гр. Важным проявлением радиационного гормезиса является феномен адаптивного ответа, заключающийся в повышении устойчивости различных биологических объектов к воздействию поражающих доз радиации в случае предварительного облучения в малой дозе.

Исследования холма в штате Минас-Жерайс (Бразилия) с высоким природным уровнем радиации показали множество радиорезистентных насекомых (*Drosophila willistoni*), червей и растений [55].

Живое вещество эволюционировало и адаптировалось к ионизирующему излучению на протяжении сотен миллионов лет. И, не случайно, что в живом мире существуют организмы, выдерживающие ионизирующую радиацию в 5000 Гр, как например экстремофил - бактерия *Deinococcus radiodurans*. Данный вид обладает повышенной радиорезистентностью, т.е устойчивостью организма (или его тканей, органов и систем) к действию ионизирующих излучений.

Природная радиорезистентность обусловлена: количеством в клетках и тканях тиольных соединений, выполняющих роль эндогенных протекторов, высокой общей стрессоустойчивостью, антиоксидантными защитными механизмами и др.

Поэтому при изучении районов с высоким содержанием радионуклидов в почвах следует уделять внимание и радиорезистентным организмам, способным к адаптации в условиях повышенной радиоактивности. Возможно это поможет понять защитные биологические механизмы от высоких доз облучения.



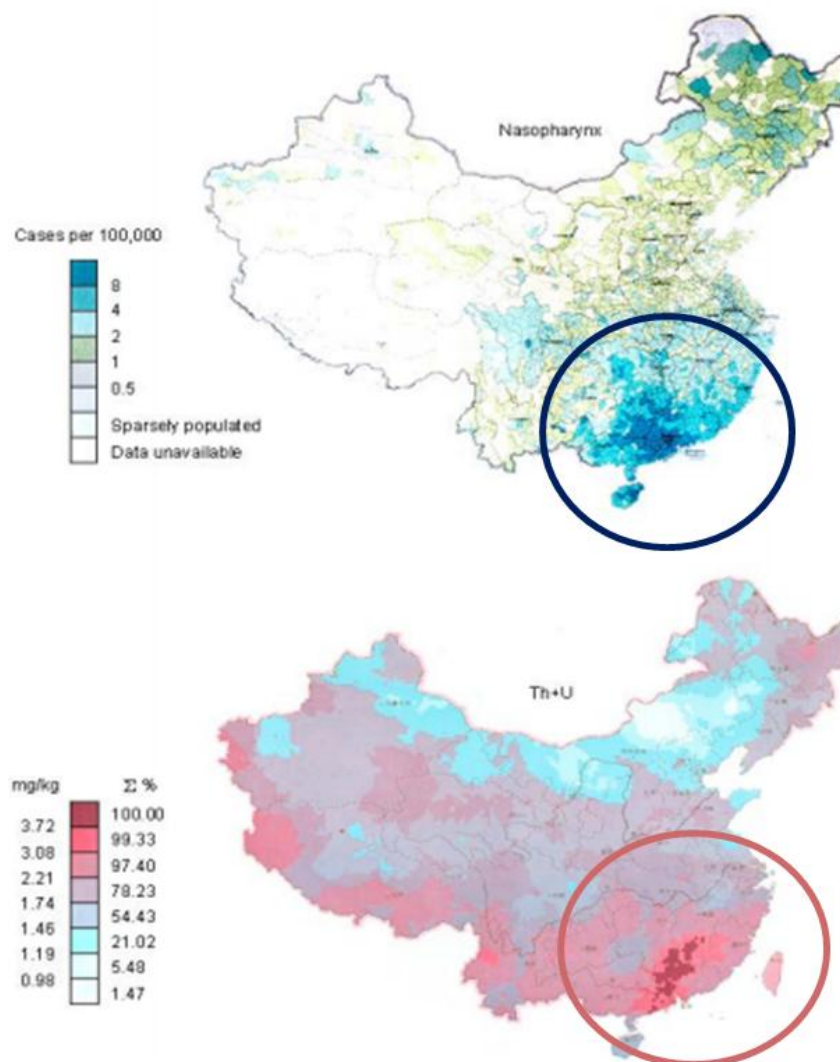


Рисунок 4.2.2 – Верхняя часть: карта распределения смертности от рака носоглотки в КНР на 100000 чел 1973-1975 гг. Нижняя часть: карта распределения концентраций урана и тория (горизонт В) на территории КНР в мг/кг [52]

## **5 Социальная ответственность при определении содержания радионуклидов в почвах**

Данная выпускная квалификационная работа представлена научно-исследовательской работой, поэтому в разделе рассматриваются производственная безопасность на открытом воздухе (таблица 5.1) и производственная безопасность научно-исследовательской работы в компьютерном помещении. Отбор и подготовка проб проводился в 2015 г. автором и сотрудниками кафедры геоэкологии и геохимии ИПР ТПУ в южно-китайской провинции Гуандун. Подготовка проб осуществлялась на кафедре геоэкологии и геохимии ИПР ТПУ.

В процессе труда человек вступает во взаимодействие с предметами и орудиями труда, другими людьми, окружающей средой. От условий труда зависит отношение человека к труду и, естественно, результаты. При плохих условиях труда резко снижается работоспособность, производительность труда, повышается процент профессиональных заболеваний и травм. Под условиями труда подразумевается совокупность факторов производственной среды, оказывающих влияние на здоровье и производительность труда человека.

Были запланированы работы на открытом пространстве (полевые работы) и работы в помещении (камеральные и лабораторные работы). Пробы отбирались в мае 2015 г. в окрестностях. Во время научно-исследовательской работы осуществлялся отбор проб почв по профилю; обработка результатов анализов проб, их систематизация; расчет геохимических показателей и их сравнительных характеристик; оформление итоговых данных в виде таблиц, диаграмм, графиков, рисунков, а также набор текста на персональном компьютере. Поэтому работа проводилась как в лаборатории, так в кабинете с электронно-вычислительными машинами (табл. 6.1).

Таблица 5.1 - Основные элементы производственного процесса при геоэкологических работах, формирующие опасные и вредные факторы

Этапы работ	Наименование запроектированных видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-99) [3]		Нормативные документы
		Опасные	Вредные	
Полевой	Отбор проб почв (литогеохимический способ)	1. Механические травмы при пересечении местности.	1. Отклонение параметров климата на открытом воздухе. 2. Тяжесть физического труда 3. Повреждения в результате контакта с насекомыми и животными	ГОСТ 12.0.003-99 ГОСТ 12.1.005-88 ГОСТ 12.1.004-91 Р 2.2.2006-05 ГОСТ 12.1.003-83
Лабораторный и камеральный	Подготовка проб для инструментального нейтронно-активационного анализа; Обработка результатов анализов проб биологического материала и составление отчетов на ЭВМ с жидкокристаллическим дисплеем	1. Поражение электрическим током; 2. Пожаробезопасность.	1. Отклонение параметров микроклимата в помещении. 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны. 3. Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу.	СанПиН 2.2.4.548-96 СанПиН 2.2.4.1294-03 ГОСТ 12.1.019-79 ГОСТ 12.1.038-82 ГОСТ 12.1.004-91 СНиП 21-01-97 ГОСТ 12.1.005-88 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1.1278-03

### 5.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Вредный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работающего, в определённых условиях, приводит к заболеванию или снижению работоспособности. Вредный производственный фактор, в зависимости от интенсивности и продолжительности воздействия, может стать опасным [6].

Согласно ГОСТ 12.0.003–99.ССБТ. опасные и вредные производственные факторы классифицируются с образование следующих групп: физические, химические, биологические, психофизиологические [6].

Один и тот же опасный и вредный производственный фактор по природе своего действия может относиться одновременно к различным группам, перечисленным выше.

Уровни воздействия на работающих вредных производственных факторов нормированы предельно-допустимыми уровнями, значения которых указаны в соответствующих стандартах системы стандартов безопасности труда и санитарно-гигиенических правилах.

Основную опасность при полевых работах в летнее время представляют: перегревание организма, возможное заражение вирусными заболеваниями от животных носителей, физические травмы.

### **Полевой этап:**

#### **1. Отклонение параметров климата при полевых работах**

Необходимым условием эффективной производственной деятельности человека является обеспечение нормальных метеорологических условий в рабочей зоне. Климат представляет собой комплекс физических факторов, таких как влажность, скорость движения воздуха, интенсивность солнечного излучения, величину атмосферного давления. Параметры климата оказывают непосредственное влияние на теплообмен человека с окружающей средой, его тепловое состояние и определяют самочувствие, работоспособность, здоровье и производительность труда.

Отбор проб почв осуществлялся в условиях тропического климата в провинции Гуандун на юге Китая в пределах дельты реки Жемчужной в 12 км от городского округа Чжухай. Климат на территории провинции тропический, среднегодовая температура + 24<sup>0</sup>С, мая +29<sup>0</sup>С. Лето длинное и с обильными дождями. Количество часов солнечного освещения в год – 1828 [64].

К наиболее значимым факторам тропического климата, оказывающим вредное воздействие на здоровье человека относятся: высокая температура атмосферного воздуха; высокий уровень относительной влажности воздуха; высокий уровень солнечной радиации, особенно ее ультрафиолетовой составляющей; большое количество атмосферных осадков; большое разнообразие микроорганизмов, в том числе патогенных бактерий, вирусов и микроскопических грибов [22].

Неправильно организованные полевые работы в летнее время создают опасность перегревания организма человека. В результате высоких температур и слабого ветра у человека наступает тепловой перегрев организма, приводящий к солнечному удару.

При высокой температуре воздуха у человека усиливается потоотделение, которое приводит к судорожной болезни вследствие нарушения водносолевого баланса. При высокой температуре организуют рациональный режим труда и отдыха путем сокращения рабочего дня, введения перерывов для отдыха в зонах с нормальным климатом (полевые лагеря). При проведении полевых работ в жаркие дни для исключения тепловых ударов нужно работать в головных уборах и обязательно иметь при себе индивидуальную фляжку с питьевой водой. Одежда должна быть специальной (например, футболка, куртка и брюки) из хлопчатобумажной ткани светлых тонов. Необходимо также иметь при себе полевую аптечку с необходимыми для этих случаев медикаментами (средства защиты от солнечных ожогов, жаропонижающие средства и т.д.) [22].

## **2. Тяжесть и напряженность физического труда**

Труд в полевых условиях всегда связан с физическими нагрузками. Физическая тяжесть труда – нагрузка на организм, требующая преимущественно мышечных усилий и соответствующего энергетического обеспечения. Согласно Р 2.2.2006-05 классификация труда по тяжести производится по уровню энергозатрат, с учетом вида нагрузки (статистическая или динамическая) и нагружаемых мышц [28]. Если максимальная масса поднимаемых вручную грузов не превышает 5 кг для женщин и 15 кг для мужчин, работа характеризуется как легкая; 5-10 кг для женщин и 15-30 кг для мужчин – средней тяжести; свыше 10 кг для женщин и 30 кг для мужчин – тяжелая. В нашем случае предполагаемая работа средней тяжести.

### 3. Повреждения в результате контакта с насекомыми и животными

В условиях тропиков как в почве, в воздухе и водоемах создаются весьма благоприятные условия для развития микробов, паразитов животного происхождения и членистоногих – переносчиков возбудителей болезней. Большая влажность и высокая температура почвы способствуют интенсивному развитию в ней возбудителей гельминтозов (аскариды, власоглавы, анкилостомы) и обильному размножению. Распространение многих заразных болезней в тропиках тесно связано с почвой. Это в первую очередь геогельминтозы, возбудители которых проходят почвенную фазу своего развития. Заражению людей способствует постоянный контакт голых рук и ног с почвой и водой.

Одной из самых распространенных и опасных болезней в условиях тропиков является **малярия**. Источником болезни является больной малярией человек или паразитоноситель. Переносчики малярии – комары рода *Anopheles*, в теле которых происходит половой цикл развития возбудителей малярии – спорогония. Приступ начинается с озноба, во время которого поднимается температура, которая может достигать 40-41°C. В основном профилактика малярии состоит из использования противомалярийных препаратов (хлорохин, хинин, хинидин, мефлохин, атоваквон и производные артемизинина), но кроме этого необходимо помнить о личной защите от укусов переносчиков болезни - применять средства от укуса комаров, одеваться в максимально закрытую светлую одежду, на тело наносить репелленты [22].

**Лихорадка цуцугамуши** вызывается мелкой полиморфной грамотрицательной палочкой *Orientia tsutsugamushi*. Возбудитель культивируется в клещах, в зараженных клетках паразитирует в цитоплазме и в ядре. Этиотропное лечение лихорадки цуцугамуши проводят препаратами тетрациклинового ряда в течение 5-7 дней [26].

В южной Азии обитает большое количество **ядовитых змей** различных видов. Наиболее распространены змеи, принадлежащие к двум семействам: гадюковым и аспидам. В свою очередь семейство гадюковых состоит из двух

подсемейств: гадюки и гремучие змеи. К семейству аспидов принадлежат наиболее ядовитые змеи, такие, как кобры, мамбы, пама и др. При укусе некоторых змей признаки отравления возникают буквально в первые же минуты. Появляются нарушения зрения, сонливость, пострадавший не может держаться на ногах; наступает непроизвольное мочеиспускание и дефекация. Развивается паралич мышц туловища. При укусе гадюковых сразу же наступает местная реакция. На месте укуса образуется нарыв, после вскрытия - гнойная язва, которая долго не заживает. В тяжелых случаях смерть наступает от остановки дыхания.

Во многих случаях спасение человека при укусе ядовитой змеей зависит от правильности незамедлительных действий по оказанию неотложной помощи. Единственным эффективным методом первой помощи при укусе ядовитой змеи является введение специфической противозмеиной сыворотки. Ее нужно ввести пострадавшему как можно быстрее. Сыворотку надо вводить в дозах, указанных на этикетке. Одновременно с введением сыворотки следует принять преднизолон, гидрокортизон или какой-нибудь препарат этого ряда. Место укуса необходимо тщательно обмыть, чтобы смыть остатки яда. Укушенную конечность иммобилизуют для замедления тока венозной крови и лимфы. Пострадавшего нужно немедленно доставить в лечебное учреждение. При транспортировке больной должен лежать.

Профилактика укусов змей заключается в первую очередь в механической защите тела. В местности, где существует опасность встречи с ядовитой змеей, необходимо носить плотную обувь с высокими голенищами. Не следует без нужды и необходимых предосторожностей обследовать голыми руками норы, корни деревьев и кустов, кучи камней и т.п [22].

### **Лабораторный и камеральный этапы:**

#### **1. Отклонение параметров микроклимата в помещениях**

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма (согласно СанПиН 2.2.4.548-96).

С целью создания нормальных условий для персонала установлены нормы производственного микроклимата. В производственных помещениях, в которых работа на ПЭВМ является основной, согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [38] должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата, как показано в таблице 5.2, 5.3.

Таблица 5.2 - Оптимальные величины показателей микроклимата для помещений с ВДТ и ПЭВМ [38]

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С не более	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
1	2	3	4	5
Холодный	Легкая	22-24	40-60	0,1
Теплый	Легкая	23-25	40-60	0,1

Таблица 5.3 – Нормы подачи свежего воздуха в помещения, где расположены компьютеры [39]

Характеристика помещения	Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м <sup>3</sup> /на одного человека в час
Объем до 20 м <sup>3</sup> на человека	Не менее 30

Для поддержания вышеуказанных параметров воздуха в помещениях с ПЭВМ применяют системы отопления и кондиционирования или эффективную приточно-вытяжную вентиляцию. Расчет необходимого количества воздуха для местной системы кондиционирования воздуха осуществляется по теплоизбыткам от машин, людей, солнечной радиации и искусственного освещения согласно СНиП 2.04.05-91 [39]. Для систем отопления и внутреннего теплоснабжения применяют в качестве теплоносителя, как правило, воду. Системы отопления проектируют, обеспечивая равномерное нагревание воздуха помещений, гидравлическую и тепловую устойчивость, взрывопожарную безопасность и доступность для очистки и ремонта. В помещениях с ПЭВМ ежедневно проводится влажная уборка. Для снижения концентрации пыли в помещениях с ПЭВМ и лабораториях работают в хлопчатобумажных халатах и легкой сменной обуви. Запрещается курить, так как частицы пепла, оседая на поверхностях магнитных носителей, вызывают сбой в работе с ПЭВМ.



Запыленность в данных помещениях не должна превышать  $0,5 \text{ мг/м}^3$  [39]. Поэтому нельзя открывать окна, форточки и необходимо применять местную систему кондиционирования воздуха, системы механической вентиляции.

В холодный период года температура воздуха на рабочих местах производственных помещений должна находиться в пределах от  $16-18^\circ\text{C}$  до  $22-14^\circ\text{C}$  для высокоэнергозатратных и низкоэнергозатратных работ (СанПиН 2.2.4.548-96), соответственно. Для теплого периода года температура, соответственно, должна находиться в рамках  $18-20^\circ\text{C}$  –  $23-25^\circ\text{C}$ . Работа проектировщика геоэкологического мониторинга относится к категории низкоэнергозатратных.

Оптимальная относительная влажность –  $40-60\%$ . Скорость движения воздуха не должна превышать  $0,2-0,3 \text{ м/с}$ .

При выборе оптимального режима микроклимата следует учитывать наличие компьютерной техники, т.е. необходимо руководствоваться СанПиН 2.2.4.548-96 и СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [39].

## **2. Недостаточная освещенность**

В зависимости от источника света освещение может быть трех видов: естественное, искусственное и совмещенное (смешанное).

Помещения с постоянным пребыванием человека должны иметь естественное освещение. Для общего и местного искусственного освещения следует использовать источники света с цветовой коррелированной температурой от  $2400^\circ\text{K}$  до  $6800^\circ\text{K}$  (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03). Преимущество отдается светодиодным лампам, обеспечивающим общую освещенность, корректировка освещенности осуществляется локальным освещением.

Оценка и нормирование освещенности производится согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий» и СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».

### **3. Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу**

При подготовке проб биологического материала к изучению их химического состава, в лаборатории воздух загрязняется вредными для здоровья человека парами, пылью, газами. Это обосновывается тем, что работы производятся со многими химическими реактивами и веществами. Возможны утечки и при неправильном хранении этих веществ. Поступление ядов через органы дыхания является основным и наиболее опасным путем.

По ГОСТ 12.1.005-88 (2001) все вредные вещества по степени воздействия на организм человека подразделяются на следующие классы [46]:

1 – чрезвычайно опасные (ПДК менее 0,1 мг/м куб) (соединения никеля 0,05 мг/м<sup>3</sup>, ртуть 0,005 мг/м<sup>3</sup> и др.),

2 – высокоопасные (ПДК 0,1 до 1 мг/м куб) (медь 0,5 мг/м<sup>3</sup>)

3 – умеренно опасные (ПДК 1 до 10 мг/м куб) (оксиды азота 5 мг/м<sup>3</sup>, ион аммония 10 мг/м<sup>3</sup> и др.),

4 – малоопасные (ПДК более 10 мг/м куб) (спирт 1000 мг/м<sup>3</sup>).

Для предотвращения отравления организма человека вредными веществами все лабораторные работы должны производиться в вытяжных шкафах при включенной вентиляции. Скорость движения воздуха в вытяжном шкафу должна обеспечивать полное удаление вредных веществ. Хранение таких веществ должно исключать возможность их утечки. При необходимости, в работе с такими веществами рабочий персонал должен пользоваться средствами защиты (противогаз, респиратор).

### **5.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению**

Опасный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или к другому внезапному резкому ухудшению здоровья [6].

## **Полевой этап:**

### **1. Механические травмы при пересечении местности.**

В полевых условиях, а именно на открытой местности при проведении геоэкологических работ возрастает риск получения повреждений и травм. Повреждения могут быть разной степени тяжести: переломы рук и ног, различные растяжения, вывихи, ушибы, порезы и др. Во избежание различных повреждений необходимо строго соблюдать технику безопасности и индивидуальную безопасность жизнедеятельности, быть очень внимательными при проведении работ. Работникам необходимо иметь при себе аптечку с медикаментозными средствами (вата, бинт, жгут, медицинский спирт, зеленка, перекись водорода, анальгин, нашатырный спирт, альбucid, ношпа и др.).

## **Лабораторный и полевой этапы:**

### **1. Поражение электрическим током**

Источником электрического тока при проведении анализов на оборудовании, а также при работе на ЭВМ могут явиться перепады напряжения, высокое напряжение и вероятность замыкания человеком электрической цепи.

Проходя через организм человека, электрический ток оказывает: термическое действие (ожоги, нагрев до высоких температур внутренних органов); электролитическое действие (разложение органических жидкостей тела и нарушение их состава); биологическое действие (раздражение и возбуждение живых тканей организма, что сопровождается непроизвольными судорожными сокращениями мышц).

Нормирование: значение напряжения в электрической цепи должно удовлетворять ГОСТу 12.1.038-82 ССБТ [11]. Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, не должны превышать значений указанных в таблице 6.5.

По опасности поражения электрическим током помещения с ПЭВМ и лаборатория относятся к помещениям без повышенной опасности (согласно

ПУЭ), т.к. в данных помещениях преобладают следующие условия: относительная влажность составляет 50-60%; температура воздуха в помещениях не превышает 35 0С; отсутствуют токопроводящие полы (полы деревянные) [10].

Таблица 6.5 – Нормирование напряжения прикосновения и тока, [11]

Род тока	U, В	I, мА
Переменный 50 Гц	2,0	0,3
Переменный 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Защита от электрического тока подразделяется:

- защита от прикосновения к токоведущим частям электроустановок (изоляция проводов, блокировка, пониженные напряжения, знаки безопасности и плакаты);
- защиты от поражения электрическим током на электроустановке (защитное заземление, защитное отключение, молниезащита).

Помещения, где размещаются рабочие места с ПЭВМ, должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации.

## **2. Пожаробезопасность**

Помещение лаборатории, в которой проводились исследования по пожароопасности относятся к категории В – пожароопасные помещения: горючие и трудно горючие жидкости, твердые вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), а также вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б [12].

В рабочих кабинетах и в лабораториях нельзя пользоваться электроплитками с открытой спиралью или другими обогревательными приборами с открытым огнем, т.к. проведение лабораторных работ нередко связано с выделением пожаровзрывоопасных паров, газов, горячих жидкостей и

веществ. Работы ведутся при строгом соблюдении правил пожарной безопасности. По окончании работ в лаборатории необходимо проверить газовые краны и отключить электроэнергию на общем рубильнике.

После окончания работы все производственные помещения должны тщательно осматриваться лицом, ответственным за пожарную безопасность.

К основным огнегасительным веществам относятся вода, химическая и воздушно-механическая пена, водяной пар, сухие порошки, инертные газы, галоидированные составы. Для первичных средств пожаротушения применяется песок, войлочные покрывала.

В здании для лабораторных исследований и камеральных работ имеются только порошковые огнетушители типа ОП-03.

### **5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайная ситуация - обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. Каждый потенциально опасный объект либо объект, находящийся в зоне возможного влияния от других потенциально опасных объектов, должен быть подготовлен к действиям по локализации или ликвидации возможных чрезвычайных ситуаций.

Во время проведения пробоотбора почв не исключены случаи лесного пожара.

Лесной пожар - стихийное, неуправляемое распространение огня по лесным площадям.

В целях соблюдения правил безопасности в лесу недопустимо:

- пользоваться открытым огнем;
- выжигать траву под деревьями, на лесных полянах, прогалинах, а также стерню на полях, в лесу;

- разводить костры в хвойных молодняках, на торфяниках, лесосеках, в местах с сухой травой, под кронами деревьев, а также на участках поврежденного леса;

- оставлять промасленный или пропитанный горючими веществами обтирочный материал;

- заправлять горючим баки двигателей, использовать неисправные машины, курить или пользоваться открытым огнем вблизи машин, заправляемых горючим;

- оставлять бутылки или осколки стекла, так как они способны сработать как зажигательные линзы.

Действия населения в зоне лесного пожара:

- окунуться в ближайший водоем или накрыться мокрой одеждой;

- для преодоления нехватки кислорода дышать через мокрый платок или смоченную одежду, пригнуться к земле;

- определить направление ветра и распространение огня;

- выбрав маршрут выхода из леса в безопасное место, выходить только в наветренную сторону и вдоль фронта огня;

- приняв решение о тушении небольшого пожара, послать за помощью в населенный пункт;

- при небольшом пожаре заливать огонь водой из ближайшего водоема, сметать пламя 1,5-2 м пучком из веток лиственных деревьев, мокрой одеждой, плотной тканью;

- небольшой огонь на земле затапывать, не давая ему перекинуться на деревья;

- не уходить, не убедившись, что огонь потушен.

Причины возникновения пожаров в лесу принято делить на естественные и антропогенные. Наиболее распространенными естественными причинами больших лесных пожаров на Земле являются молнии (это электрический разряд большой мощности). Электрическое напряжение возникает в облаках в результате трения молекул.

Подвергнуться данному виду чрезвычайной ситуации рабочие могут при прохождении маршрутов и при проведении отбора проб.

Во время грозы необходимо соблюдать следующие меры предосторожности:

- 1) Не прятаться под высокие деревья (особенно отдельно стоящие);
- 2) Находясь на открытом пространстве, лучше присесть в сухую яму, траншею; тело должно иметь по возможности меньшую площадь соприкосновения с землей;

Человеку, пострадавшему от молнии, необходимо сделать искусственное дыхание. При остановке сердца - непрямой массаж сердца. Пострадавшего необходимо доставить в больницу, если это возможно - напоить горячим чаем и обеспечить покой.

В случае возникновения чрезвычайной ситуации, ответственному за проведение работ следует принять необходимые меры для организации спасения людей. При необходимости он должен вызвать службу спасения, скорую медицинскую помощь, известить непосредственно начальника и организовать охрану места происшествия до прибытия помощи. Действия регламентированы инструкцией по действию в чрезвычайных ситуациях, хранящейся у инженера по технике безопасности и изученной при сдаче экзамена и получении допуска к самостоятельной работе [36].

#### **5.4 Законодательное регулирование проектных решений.**

Правовой основой законодательства в области обеспечения БЖД является Конституция [33] – основной закон государства.

Правовую основу обеспечения безопасности жизнедеятельности составляют соответствующие законы и постановления, принятые представительными органами Российской Федерации (до 1992 г. РСФСР) и входящих в нее республик, а также подзаконные акты.

Правовой основой обеспечения государственной безопасности является целый ряд федеральных законов о безопасности. Обеспечение экологической

безопасности на территории РФ, формирование и укрепление экологического правопорядка основаны на действии с марта 1992 г. Федерального закона «Об охране окружающей природной среды» в комплексе с мерами организационного, правового, экономического и воспитательного воздействия [46]. Настоящий закон определяет общие для РФ организационно-правовые нормы в области защиты граждан РФ, иностранных граждан и лиц без гражданства, находящихся на территории РФ, всего земельного, водного, воздушного пространства в пределах РФ или его части, объектов производственного и социального назначения, а также окружающей природной среды от ЧС природного и техногенного характера [47].

Правовое обеспечение безопасности жизнедеятельности на производстве включает законодательство о труде и охране труда. Настоящий Федеральный закон определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлен на предупреждение аварий на опасных производственных объектах и обеспечение готовности эксплуатирующих опасные производственные объекты юридических лиц и индивидуальных предпринимателей (далее также - организации, эксплуатирующие опасные производственные объекты) к локализации и ликвидации последствий указанных аварий. [47].

В федеральном законе о радиационной безопасности определяются правовые основы обеспечения радиационной безопасности населения в целях охраны его здоровья.

При разработке данного раздела учитывались необходимые нормы и требования законов Российской Федерации при работе в полевых условиях, в лаборатории и за персональным компьютером, а также требования трудового кодекса Российской Федерации.



## **6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **6.1 План проекта**

Цель данной выпускной квалификационной работы заключается в изучении геохимических и минералогических особенностей высокорadioактивных почв провинции Гуандун (Китай) и региона Овернь (Франция), выявление радиоэкологических проблем в районах распространения высокорadioактивных почв. Участок научно-исследовательских работ – провинция Гуандун (Китай), городской округ Чжухай (2 км<sup>2</sup>). Для того чтобы определить время, необходимое на проведение научно-исследовательских работ, и написание ВКР необходимо составить календарный план работ и определить действия, необходимые для выполнения проекта. В соответствии с календарным (таблица 6.1) и техническим (таблица 6.3) планами необходимо произвести следующие виды работ: полевые, лабораторные и камеральные общей продолжительностью 394 дней.

Для успешного выполнения научно-исследовательской работы, необходимо составить график выполнения работы, а также установить временные показатели научного исследования, представленные в таблице 6.3.

На основе таблицы 6.1 строится календарный план-график. Диаграмма Ганта (табл. 6.2)– это тип столбчатых диаграмм, который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Календарный план позволяет разделить все работы по месяцам и наглядно увидеть распределение работ по объему и сроку. Эколого-геохимические работы литохимическим методом. Привязка пунктов наблюдения - глазомерная. Разбивка профилей - полуинструментальная. Пробы отбираются методом конверта с площадок и форме квадрата. Длина стороны квадрата при маршрутах составляет 0,1 м от шага отбора проб, но не превышает 100 м. Пробы отбираются при помощи

лопаты без проходки копушей (до глубины 20 см) или из копушей глубиной до 60 см и площадью сечения 0,16 м<sup>2</sup>. Сушка проб - до воздушно-сухого состояния. Материал проб просеивается на сите с диаметром отверстий 1,0 мм. Обозначение проб и их регистрация - на бланках этикеток и журналов. Пробы почв отбирались точно и по профилю почвы (по горизонтам). Нормы длительности проведения отбора и обработки проб почв и поверхностных грунтов при ГЭИК определяются путем применения коэффициента К=0,8 к нормам длительности.

Таблица 6.1 - Календарный план проекта

Основные этапы	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Должность исполнителя
Выбор направления исследований, литературный обзор	5 47	01.02.2015	30.03.2015	Руководитель, инженер
Подготовка к отбору проб	10	01.04.2015	30.04.2015	Инженер
Пробоотбор (полевой этап)	10	01.05.2015	31.05.2015	Инженер
Пробоподготовка, анализ проб (лабораторный этап)	22	01.06.2015	31.10.2015	Инженер
Анализ данных, обобщение и оценка результатов, оформление отчетной документации (камеральный этап)	30 82	01.11.2015	31.05.2016	Руководитель, инженер
<b>Итого дней :</b>			<b>218</b>	

На основании технического плана рассчитываются затраты времени и труда.

Таблица 6.3 - Технический план проекта (виды и объемы проектируемых работ)

№. Виды работ	Объем		Условия производства работ	Вид оборудования
	Ед. изм	Кол-во		
1. Полевой этап	проба	20	масса пробы не менее 2,5 кг	Комплект оборудования для отбора проб почвы
	км <sup>2</sup>	2	Определение содержания U-238, Th-232, K-40	Радиометр СРП-68-01
2. Лабораторные работы	проба	132	пробоподготовка материала	
	проба	100	определение 28 химических элементов	Исследовательский ядерный реактор
	проба	18	выщелачивание урана из почвы с помощью различных растворителей	Анализатора жидкости «Флюорат 02-Панорама»
	проба	6	микроскопическое изучение проб	Электронный сканирующий микроскоп Hitachi
	проба	4	облучение образцов почв (осколочная радиография)	Исследовательский ядерный реакторе ИРТ-Т НИИ Ядерной физики ТПУ
	проба	4	определение пространственного распределения урана	Стереомикроскоп со встроенной видеокамерой Leica EZ4D
3. Камеральные работы			обработка данных, анализ материала	ПЭВМ

**Пешеходная гамма-съемка** проводится в пределах на территории лесопарковых массивов в масштабе 1:500. Измерения интенсивности гамма-излучения осуществляются геофизическими радиометрами СРП-68-01 с экспозицией не менее 5 с. Направление профилей и расположение точек

наблюдений на местности определяется глазомерно, по ориентирам. Расстояние между точками наблюдений замеряется шагами. Работа на участке: включение прибора, проверка его работоспособности и стабильности контрольным источником, запись в журнал результатов измерений. Ориентирование и визуальная привязка на местности начальной точки и точек наблюдений по профилю. Переход между точками наблюдений по профилю и между ними. Текущая обработка полевых материалов: просмотр, поднятие и расшифровка записей и знаков, сделанных оператором в процессе съемки; перевод показаний прибора в стандартные единицы; подготовка рабочих топопланов или выкопировок заданного масштаба, разноска точек наблюдений; ведение журнала контроля стабильности работы прибора, предварительная обработка контрольных измерений, оформление рабочих схем попланшетно в карты фактического материала съемки. Полевые работы выполняются производственной группой из 2 человек.

**Лабораторные работы.** Данный этап работ включает подготовку проб к инструментальному нейтронно-активационному анализу с облучением тепловыми нейтронами, который выполняется подрядчиками в ядерно-геохимической лаборатории кафедры геоэкологии и геохимии на базе исследовательского ядерного реактора Томского политехнического университета. Выполнялась подготовка пакетиков из фольги размером 30\*30 мм, упаковка 100 мг вещества в пакетики.

Камеральные работы. Камеральная обработка материалов включает: сбор и систематизацию информации об исследуемой территории; сбор исходных данных и их систематизацию; камеральную обработку материалов; выведение специализированных карт; машинописные и графические работы [42].

## **6.2 Бюджет научного исследования**

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения.

Для расчета затрат времени и труда на проведение исследований

предполагается использование дополнение к СНН-92 (выпуск 7, выпуск 2).

Расчет затрат времени выполняется по формуле:

$$N=Q \cdot H_g \cdot K, \quad (4)$$

где: Q- объем работ;  $H_g$  - норма времени; K - соответствующий коэффициент к норме [42].

С помощью приведенных выше формулы и справочных данных, были определены нормы затрат времени по видам работ и рассчитаны затраты времени для каждого этапа работ при наиболее благоприятном стечении обстоятельств (таблица 6.4).

Таблица 6.4 – Расчет затрат времени по видам работ

№ п/п	Виды работ	Объем работ (Q)		Норма длительности (Н)	Коэффициент (К)	Нормативный документ	Итого чел./смена (N)
		Ед.изм.	Кол-во				
1	Эколого-геохимические работы литогеохимическим методом (с одновременной разбивкой профилей)*	10 км <sup>2</sup>	0,2	5.52	0,8	СНН-2, разд 2, таблица 30, стр.42, ст.4	0,9
2	Пешеходная гамма-съемка ***	км <sup>2</sup>	2	62,919	0,12	СНН-2, разд 7, таблица 124, стр.3, ст.4	15,1
3	Камеральная работа обработка материалов ЭГР (без использования ЭВМ)	1 проба	20	0,0007 0,00009	1	СНН – 2, таблица 60, 28 стр, 29 стр.	0,03
4	Камеральная обработка полевых материалов пешеходной гамма-съемки ***	км <sup>2</sup>	2	33,6	0,12	СНН – 2, таблица 126, стр.3, ст.3	8
5	Обработка результатов с использованием ЭВМ	1 проба	20	0,0401	1	СНН - 2 таблица 61, стр. 1, ст.5	0,8
	Итого	<b>25 смен</b>					

\* категория разрабатываемости рыхлых горных пород – 1

\*\* категория проходимости местности – 3

\*\*\* затраты труда начальника отряда равны 0,25 чел.-смены, техника-геофизика II категории - 0,12 чел.-смены

При расчете норм длительности принята 40-часовая рабочая неделя.

### 6.3 Нормы расходов материалов

Нормы расхода материалов для лабораторных работ определялись согласно СН, выпуск 7, выпуск 7А, а также инструкциям и методическим рекомендациям (таблица 6.5).

Таблица 6.5 - Нормы расхода материалов на проведение работ

Наименование и характеристика изделия	Кол-во , единица	Цена за ед., руб.	Норма расхода	Сумма, руб.
Лопатка из нержавеющей стали	1 шт.	700	1	700
Пакет полиэтиленовый	20 шт.	2	20	40
Блокнот	шт.	20	2	40
Карандаш простой	шт.	5	2	10
Итого:				790
<b>Лабораторные работы</b>				
Фольга алюминиевая 10 м × 30см	1 шт.	20	0,082	1,64
Спирт этиловый технический марки А гидролизный	0,3 л	75	0,2	4,5
Вата стерильная хирургическая	0,3 кг	20	0,6	3,6
Пинцет медицинский	1 шт.	48	1,0	48
Пробирка пластиковая	20 шт.	2,5	0,5	25
Полисиликат натрия	0,1 л	140	0,05	0,7
Аммоний углекислый	0,2 кг	25	1,0	5

## Продолжение таблицы 6.5

Наименование и характеристика изделия	Кол-во , единица	Цена за ед., руб.	Норма расхода	Сумма, руб.
Перекись водорода 29 % водный раствор (водорода пероксид)	0,01 л	40	4	1,6
Азотная кислота	0,08 л	20	14	22,4
Перчатки латексные нестерильные	3 пары	10	3	30
Итого:				142,44
<b>Камеральные работы</b>				
Бумага офисная	пачка (100 л)	165	0,1	36,3
Карандаш простой	шт.	5	5	25
Резинка ученическая	шт.	6	2	26,4
Ручка шариковая (без стержня)	шт.	8	2	35,2
Стержень для ручки шариковой	шт.	6	6	79,2
Итого:				173,8
<b>Итого:</b>				<b>1106,24</b>

**6.4 Общий расчет сметной стоимости работ (СМ1)**

Общий расчет сметной стоимости оформляется по типовой форме. Накладные расходы составляют 15% основных расходов. Сумма плановых накоплений составляет 10% суммы основных и накладных расходов. Сумма доплат рабочим равняется 2% от суммы основных и накладных расходов. Резерв на непредвидимые работы и затраты колеблется от 3-6 %. Сметно-финансовый расчет на проектно-сметные работы представлен в таблице 6.7.

Стоимость проектно-сметных работ производится рассчитывается по следующим формулам:

$$\text{ЗП} = \text{Окл} * \text{Т} * \text{К}, \quad (7)$$

где ЗП – заработная плата (условно), Окл – оклад по тарифу (р), Т – отработано дней (дни, часы), К – коэффициент районный (для Томска 1,3).

$$\text{ДЗП} = \text{ЗП} * 7,9\%, \quad (8)$$

где ДЗП – дополнительная заработная плата (%).

$$\text{ФЗП} = \text{ЗП} + \text{ДЗП}, \quad (9)$$

где ФЗП – фонд заработной платы (р).

$$\text{СВ} = \text{ФЗП} * 30\%, \quad (10)$$

где СВ – страховые взносы.

$$\text{ФОТ} = \text{ФЗП} + \text{СВ}, \quad (11)$$

где ФОТ – фонд оплаты труда (р).

$$\text{R} = \text{ЗП} * 3\%, \quad (12)$$

где R – резерв (%).

$$\text{СПР} = \text{ФОТ} + \text{M} + \text{A} + \text{R},$$

где СПР – стоимость проектно-сметных работ [29].

Таблица 6.7 - Сметно-финансовый расчет на проектно-сметные работы

Наименование расходов		Един. измер.	Затраты труда	Дневная ставка, руб	Индекс удорожания	Сумма основных расходов
Основная заработная плата:						
Руководитель	1	чел-см	25,00	1 507	1,022	38504
Инженер	1	чел-см	25,00	943	1,022	24094
И Т О Г О:	2		50,00			62598
Дополнительная зарплата	7,9%					4945
И Т О Г О:						67543
И Т О Г О: с р.к.=	1,3					87806
Страховые взносы	30,0%					26342
И Т О Г О:						114148
Материалы, КТЗР=1,0	5,0%					3377
Амортизация	1	смена	50,00	66,22		2649
И Т О Г О основных расходов						122040,32



Общий расчет сметной стоимости всех работ отображен в таблице 6.8. Основные расходы рассчитываются как сумма затрат на оплату труда и материалов на проведение работ. Общая стоимость отбора проб рассчитывается как произведение затрат 1 чел.-см. на количество чел.-см., необходимых для отбора проб. Сумма затрат 1 чел.-см. рассчитывается как частное от суммы основных расходов и общего количества потраченных на проект чел.-см.

Таблица 6.8 - Общий расчет сметной стоимости работ (СМ 1)

№	Статьи затрат	Ед. изм.	Кол-во	Полная сметная стоимость, руб.
<b>I Основные расходы (ОР)</b>				
<b>Группа А. Собственно исследовательские работы</b>				
1	Проектно-сметные работы	%	100	122040,3
2	Полевые работы (ПР)			<b>122040,3</b>
3	Организация полевых работ	%	1,4	1708,6
4	Ликвидация полевых работ	%	1,3	1586,5
5	Камеральные работы	%	100	122040,3
6	Транспортировка грузов и персонала			46000
<b>Итого основные расходы:</b>				<b>415416,0</b>
<b>II Накладные расходы (НР)</b>		% от ОР	15	62312,4
<b>Итого ОР+НР</b>				<b>477728,4</b>
<b>III Плановые накопления</b>		% от (ОР+НР)	20	95545,7
<b>IV Компенсируемые затраты</b>				
1	Полевое довольствие	% от ОР	3	12462,5
2	Доплаты и компенсации	% от ОР	8	33233,3
<b>Итого по компенсируемым затратам:</b>				<b>45695,8</b>
<b>V Подрядные работы</b>				
Лабораторные работы		руб.		27000
<b>VI Резерв</b>		% от ОР	3	12462,5
<b>Всего по объекту:</b>				<b>658432,4</b>
НДС		%	18	118517,9
<b>Итого с учетом НДС:</b>				<b>539914,6</b>

В ходе разработки настоящей главы ВКР были решены следующие задачи: разработаны календарный и технический планы проекта, рассчитан бюджет проекта, разработан график Ганта. В соответствии с общим расчетом сметной стоимости работ полная сметная стоимость проекта составит 658432,4руб. (без НДС) и 539914,6 руб. (с учетом НДС).

## Заключение

В ходе минералого-геохимических исследований образцов почв провинции Гуандун (Китай) и региона Овернь (Франция) было выявлено, что изученные высокорadioактивные почвы имеют различную природу radioактивности. Пробы почвы провинции Гуандун отличаются ториевой природой, где  $\text{Th}$  (43,6 г/т) >  $\text{U}$  (9,2 г/т), а торий-урановые отношения равны 4,7. Высокие (>5) торий-урановые отношения в почвах характерны для районов с проявлением ториеносных геологических образований. Высокорадиоактивные почвы Китая сформировались за счёт глубокого химического выветривания высокорadioактивных калиевых гранитов.

Пробы почвы региона Овернь имеют урановую природу radioактивности, где  $\text{U}$  (6,5 г/т) >  $\text{Th}$  (4,6 г/т). Пониженные торий-урановые отношения отмечены в почвах ураноносных районов. Почвы региона Овернь отличаются низкими торий-урановыми отношениями в пределах 1-2,4. Регион расположен в пределах Центрального французского массива, к нему приурочены массивы двуслюдяных гранитов (Сан-Сильвестр и др.) с повышенным содержанием урана.

В случае с почвой провинции Гуандун обращает на себя внимание высокая концентрация редких земель ( $\sum \text{TR} = 134,5$  г/т), особенно Ce и Nd и radioактивных элементов. Концентрация radioактивных минералов происходит в тонкодисперсных фракциях. Уран находится в тесной связи с глинистой составляющей в виде сорбции. Торий был обнаружен в виде минеральных образований (монацит, торит, ксенотим, циркон).

По результатам детального гамма-спектрометрического анализа профиля почв по генетическим горизонтам провинции Гуандун наблюдается увеличение содержаний урана, тория и калия с глубиной. По отдельным генетическим горизонтам элементы распределяются в зависимости от характера и интенсивности почвообразующих процессов. Торий является менее активным мигрантом. Распределение тория по почвенному профилю дифференцировано слабее, чем у остальных элементов.

Почвы провинции Гуандун относятся к ферраллитным почвам гумидных районов с повышенным увлажнением, где интенсивно идут процессы аккумуляции урана из почвенных растворов, что особенно наблюдается для гумусовых горизонтов (А). Перераспределение U по профилю почвы свидетельствует о высокой подвижности элемента в иллювиально-элювиальном процессе. Выявлено различие в величинах Th/U отношений по профилю почвы. В верхних горизонтах оно доходит до 15, тогда как в нижних горизонтах - около 9.

Рентгеноструктурный анализ почвы показал, что В верхней части почвенного профиля накапливается устойчивый к разложению кварц, при этом наблюдается постепенное уменьшение содержания кварца и увеличения содержания каолинита, гиббсита и вермикулита с глубиной. Наблюдается возникновение кварц-каолинового профиля выветривания.

Глинисто-илистая составляющая почвы провинции Гуандун была подвергнута химическому анализу, который показал, что 81,45 % обусловлено присутствием оксидов Si и Al, с отношением  $SiO_2 : Al_2O_3 = 1,5$ . Тогда как содержание оксидов Fe составляет 3,63 %. Содержание С органического в почве низкое и составляет всего 0,14 %. По комплексу этих химических показателей данную породу можно отнести к ферраллитной группе почв гумидных районов тропиков и субтропиков, характеризующихся высокой степенью выветрелости почвообразующего материала.

Почвы региона Овернь также имеют высокую концентрацию радиоактивных и редкоземельных элементов. Максимум накопления U (12,82 г/т) и Th (12,6 г/т) отмечается в тонкодисперсной фракции.

По данным осколочной радиографии уран находится в тесной связи с глинистой составляющей в виде изоморфной примеси в акцессорных минералах или собственных ураносодержащих минералах. Минералогический анализ образца почвы региона Овернь с использованием электронно-микроскопического (электронный микроскоп «Hitachi S-3400N») метода показал, что в тонкодисперсной фракции распространены фосфаты бария,

минерал галенит и оксиды титана, цинка. Данные рентгеноструктурного анализа показали, что в тонкодисперсной фракции (0,01) образцов почв из региона Овернь в большей степени – 80% содержится кварц, также были идентифицированы минералы: мусковит, лизардит, трифилин, санидин.

В районах развития высокорadioактивных почв возникают радиоэкологические проблемы, связанные в первую очередь с повышенным содержанием радона. По данным N. Wang радон в исследуемых районах имеет высокие концентрации в почвенном воздухе ( $^{222}\text{Rn}$  - до 1199 кБк/м<sup>3</sup>,  $^{220}\text{Rn}$  - до 400 кБк/м<sup>3</sup>) [68].

В провинции Гуандун широко распространено строительство зданий из кирпичей с использованием местной глины, содержащей радиоактивные элементы. Внутри здания из этих кирпичей, концентрация радона и  $\gamma$ -излучения весьма высоки, что обуславливает значительную дозовую нагрузку. Среднее значение поглощенной дозы составляет 178,2 нГр/ч [70], это больше, чем рекомендуемое среднее значение 80 нГр/ч по UNSCEAR (1993). По данным Hiroshige Morishima и Taeko Koga доза облучения населения провинции Гуандун, накопленная на душу населения за год составляет 5, 87 мЗв/г. Тогда как средняя годовая доза ионизирующих излучений (2,4 мЗв/год) [72].

Исследования французских ученых в области радиоэкологии показывают, что на территории Центрального французского массива наблюдается повышенная активность радона (>150 Бк/м<sup>3</sup>) в домах региона Овернь. Ученые Gal Frederick, Gadalia Alain отмечают высокие концентрации радона в почвенном воздухе вблизи г. Виши (озеро Павин). Это связано с поступлением смеси газов (радона, гелия  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ) из мофетов или фумаролов (т.е. отверстий в земной коре, часто в непосредственной близости от вулканов, которые испускают пары и газы) [58].

Доказаны негативные эффекты на здоровье человека, связанные с превышением средней дозы излучения, это хромосомные и генные изменения, заболевания лейкемией, раком легких, саркомой и др.

Стоит отметить, что самый высокий уровень смертности от рака

носоглотки в мире отмечен в южных районах Китая. Заболеваемость в провинции Гаундонг (Китай) колеблется от 18 до 40 случаев на 100.000 населения, для сравнения, в Европейских странах не превышает 4 случаев на 100.000 населения [52]. В. Volviken отмечает отчетливую зависимость смертности от рака носоглотки от повышенного содержания радионуклидов в почвах южных провинций Китая [51].

При изучении районов с высоким содержанием радионуклидов в почвах следует уделять внимание и радиорезистентным организмам, способным к адаптации в условиях повышенной радиоактивности. Возможно, это поможет понять защитные биологические механизмы от высоких доз облучения.

## Список используемой литературы

1. Алексеева Н.Н. Современные ландшафты зарубежной Азии. — М.: ГЕОС, 2000. — 414 с.
2. Бурков В.В. Литофильные редкие элементы в корках выветривания. — Москва, 1996. — 238с.
3. Василенко О.И.. Радиационная экология. Москва. Медицина, 2004. — 216 с.
4. Геохимия радиоактивных элементов: учебное пособие/ С.И. Арбузов, Л.П. Рихванов; Томский политехнический университет. — Томск: Издательство ТПУ, 2011. — 300с.
5. Горная энциклопедия. Франция. Овернь. Электронный ресурс URL: <http://www.mining-enc.ru/f/franciya/>. Дата обращения 02.05.14.
6. ГОСТ 12.0.003–99.ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
7. ГОСТ 12.1.005–88 (с изм. №1 от 2000 г.). ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (01. 01.89).
8. ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования
9. ГОСТ 12.1.003-83. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности
10. ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты
11. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
12. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
13. ГОСТ 12.1.005–88 (с изм. №1 от 2000 г.). ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (01. 01.89).
14. ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»

15. Гусева Л.В.. Радиоационно- гигиенические аспекты проблемы монацитовых песков Приазовья // Вестник гигиены и эпидемиологии. Том 7, №1, 2003.
16. Захаров С.А. Курс почвоведения (Издание 2). - Издательство: Госиздат, 1927 г. 455 стр.
17. Иванов Н.И., Охотин В.В. Дорожное почвоведение и механика грунтов. – ОГИЗ. Гострансиздат, 1934. – с. 435.
18. Ковда В. А. Основы учения о почвах. — М.: Наука, 1973. Т. 1—2.
19. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия / Я. С. Уманский [и др.]. – М. : Металлургия, 1982. – 632 с.
20. Крисюк Э.М. Радиационный фон помещений. М.: Энергоатомиздат, 1989. – 257 с.
21. Крисюк Э.М. Уровни и последствия облучения населения // АНРИ. – 2002. – № 1 (28). – С. 4 - 12.
22. Кузнецов А.Н., Свитич А.А. Практические рекомендации по адаптации российских специалистов к тропическим условиям, Ханой, 2015, 176 стр. Заказ № 24, 17/12/2014 .
23. Облучение от естественных источников ионизирующего излучения, НКДАР ООН, 36 сессия, 23 - 27 марта 1987 г. – Вена, 1987. – 178 с.
24. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с.
25. Почвоведение. Учебное пособие для университетов. В 2 ч./ Под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. Ч. 1. Почва и почвообразование/Г. Д. Белицина, В. Д. Васильевская, Л. А. Гришина и др. — М.: Высш. шк., 1988. — 400 с.
26. Провинция Гуандун [Электронный ресурс]: Официальный сайт Генерального консульства России в Гуанчжоу. URL: <http://rfcg.org/consulate/canton/guangdong.php>. Дата обращения: 20.01.2016г.
27. Публикация 65 МКРЗ "Защита от радона-222 в жилых зданиях и на рабочих местах". М.: Энергоатомиздат, 1995. – 78 с.

28. Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда
29. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.
30. Рихванов Л.П. Общие и региональные проблемы радиозологии. – Томск: Изд. ТПУ, 1997.
31. Рихванов Л.П. Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиозологии: учебное пособие. - Томск, 1997. - 384 с.
32. Рихванов Л.П. Уран и торий в почвах //Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: мат. межд. конф., г.Томск, 22-24 мая 1996г. – Томск: Изд. ТПУ, 1996г., - С.308-313.
33. Российская Федерация. Конституция (1993). Конституция Российской Федерации [Текст]: принята всенар. голосованием 12.12.1993 г. / Российская Федерация. Конституция (1993). — М. : АСТ : Астрель, 2007. — 63 с.
34. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
35. СанПиН 2.2.4.1294-03. Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений. – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2003.
36. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений. М.: Гострой России, 1997. – с. 12.
37. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
38. СНиП 2.04.05-91\*. Отопление, вентиляция и кондиционирование
39. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
40. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным



- электронно-вычислительным машинам и организации работы»
41. Сарнаев С.И., Рихванов Л.П. Опыт по созданию эталона для определения урана методом f-радиографии // Радиографические исследования в радиогеохимии и смежных областях. – Новосибирск, 1991. – С. 75–77.
  42. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы. ССН. Вып.2. Геолого-экологические работы. (ВНИИ экон. минерального сырья и геологоразведочных работ (ВИЭМС). - М.: ВИЭМС, 1992. - 232с.
  43. Соколов И.А. Вулканизм и почвообразование. – Издательство: Наука, 1973. – с. 228.
  44. Стренгласс Э.Дж. Радиоактивность //Химия окружающей среды. – М.: Химияб 1982.- С. 414-447.
  45. Уткин В.И. Газовое дыхание Земли // Соросовский Образовательный Журнал. 1997. С. 57-64.
  46. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 24.11.2014, с изм. от 29.12.2014) "Об охране окружающей среды" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2015) (10 января 2002 г.)
  47. Федеральный закон от 21.12.1994 N 68-ФЗ (ред. от 02.05.2015) "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера" (21 декабря 1994 г.)
  48. Флеров Г.Н., Берзина И.Г. Радиография минералов, горных пород и руд. – М.: Атомиздат, 1979. – 224 с.
  49. Электронный журнал – Лабораторный мир [Электронный ресурс]. URL: [http://www.labspb.com/leica\\_ez4d.html](http://www.labspb.com/leica_ez4d.html). Дата обращения: 13.05.2014.
  50. Язиков Е.Г., Шатилов А.Ю. Геоэкологический мониторинг. Учебное пособие для вузов.- Томск, 2003.-336 с.
  51. Baozhu Ly and Yongfeng Yan. A study of natural radioactivity levels of soil in the Lincang Basin, Yunnan. Chin.J.Geochem.(2012)31:191–194.
  52. Bolviken B. Ecological analysis: nasopharyngeal carcinoma and multiple sclerosis versus radioactive elements // Natural Ionizing Radiation and Health. Proceedings from a symposium held at the Norwegian Academy of Science

- and Letters, Oslo 6-7 June 2001, 126-134.
53. Bølviken, B. Relationships between nasopharyngeal carcinoma and radioactive elements in soils in China. *Medical Hypotheses*, 2000.- 55, 513-516.
  54. Bureau of Geology and mineral Resources of Guangdong Province, Regional Geology of Guangdong Province, People's Republic of China, Geological Publishing House, Beijing, 1988.
  55. Cordeiro AR, Marques EK, Veiga-Neto AJ. Radioresistance of a natural population of *Drosophila willistoniliving* in a radioactive environment// *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*. Volume 19, Issue 3, September 1973, Pages 325–329
  56. Dickson B.L.. A new model for the origin of the anomalous radioactivity in Niue Island (South Pacific) soils// CSIRO Division of Exploration Geoscience, PO Box 136, 1992, Australia
  57. Eizenbud M., Geselit. *Environmental Radioactivity from Natural – Industrials and Military sources*. San. Diego – London – Boston – New York – Tokio – Toronto: Academic Press, 1997.
  58. Gal Frédérick, Gadalina Alain. Soil gas measurements around the most recent volcanic system of metropolitan France (lake Pavin, Massif Central) // *Comptes Rendus Geosciences*, 2011, 343.
  59. Hiromoto, Goro; Peres, Ana Claudia; Tadei, Maria Helena; Soares, Marcio Roberto; and Alleoni, Luis Reynaldo Ferracciu. Radioactive Soil Characterization Of The State Of Sao Paulo, Brazil// *Proceedings of the Annual International Conference on Soils 2010, Sediments, Water and Energy: Vol. 12, Article 19*.
  60. Hiroshige Morishima, Taeko Koga, Kusuo Tatsumi et al. Dose Measurement, Its Distribution and Individual External Dose Assessments of Inhabitants in the High Background Radiation Areas in China. *J. Radiat. Res.*2000; 41: 9–23.
  61. Karam Andrew. The high background radiation area in Ramsar Iran: geology, norm, biology, LNT and possible regulatory area fun. WM '02 Conference,

- February 24-28, 2002, Tucson, AZ.
62. Kochupillai N., Verma I.C., Grewal M.S., Ramalingaswami. Down's syndrome and related abnormalities in an area of high background radiation in coastal Kerala // Nature Vol. 262, July 1, 1976, pp. 60-61.
  63. Manigandan P.K, Chandar Shekar B. Measurement of radioactivity in an elevated radiation background area of Western Ghats. Nuclear Technology & Radiation Protection: 2014, Vol. 29, No. 2, pp. 128-134.
  64. MacDonald George. Shanghai & Southern China Including Hong Kong. - 2009. - 176 c.
  65. UNSCEAR: Sources and effects of ionizing radiation. Report to the General Assembly of the United Nations with Scientific Annexes, United Nations sales publication, E.94.IX.2, New York: United Nations; 1993.
  66. UNSCEAR: United National Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2000 Report to General Assembly, with Scientific Annexes, Sources and Effects of Ionizing Radiation. New York: United Nations; 2000.
  67. Veigaa R., Sanchesa N., R.M. Anjosa, K. Macarioa, J. Bastosa, M. Iguatemya, J.G. Aguiarb, A.M.A. Santosb. Measurement of natural radioactivity in Brazilian beach sands. 2005, Radioact. 46, 243–250.
  68. Wang N., A. Peng, L. Xiao. The level and distribution of  $^{220}\text{Rn}$  concentration in soil-gas in Guangdong province, China // Radiation Protection Dosimetry (2012), Vol. 152, No. 1–3, pp. 204–209.
  69. Wang N., Lei Xiao, Canping LI, Ying Huang, Shaoying PEI, Shaomin Liu, Fan Xie & Yexun Cheng. Determination of Radioactivity Level of  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  and  $^{40}\text{K}$  in Surface Medium in Zhuhai City by in-situ Gamma-ray Spectrometry // Journal of Nuclear Science and Technology, 2005, 42:10, p. 888-896.
  70. Wang Nanping, Shengqing Xiong, Zhengguo Fan , Xingming Chu, Qifan Wu, Shaoying Pei, Jianhua Wan & Lihui Zeng. Mapping the terrestrial air-absorbed gamma dose rate based on the data of airborne gamma-ray spectrometry in southern cities of China // Journal of Nuclear Science and Technology 2012,

49:1, 61-70.

71. Whitehead N. E.. The elemental content of Niue Island soils as an indicator of their origin. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 1993, Vol. 36: 243-254.

72. Yu MC. Diet and nasopharyngeal carcinoma // *Progress in Clinical and Biological Research* 1990, 346, p. 93-105.

Раздел 7

**The causes of high natural radioactivity in the soils and radioecological problems in areas with highly radioactive soils**

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ41	Злобина Анастасия Николаевна		

Консультант кафедры \_\_\_\_\_ ГЭГХ \_\_\_\_\_ :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. ГЭГХ	Рихванов Л.П.	Доктор геолого-минералогических наук, профессор		

Консультант – лингвист кафедры \_\_\_\_\_ ИЯ \_\_\_\_\_ :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ИЯПР	Матвеевко Ирина Алексеевна	Доктор филологических наук, доцент		

Консультант – лингвист кафедры \_\_\_\_\_ ГЭГХ \_\_\_\_\_ :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ГЭГХ	Межибор Антонина Михайловна	Кандидат геолого-минералогических наук, доцент		

### **The causes of high natural radioactivity in the soils and radioecological problems in areas with highly radioactive soils**

There are several provinces on the globe that have a high content of natural radioactive elements in soil. Examples are the soils of Minas-Gerais State in Brazil, soils of Kerala State in India, soils of Niue Island and soil in the South-Chinese Province Guangdong [57].

The character of soil radioactivity varies from pure radioactive ( $U > Th$ , which is typical for soil of Niue Island) to mixed uranium-thorium ( $Th/U > 2.5-5$ ) and thorium ( $Th/U > 5$ , as it is in the soil of Guangdong Province). For the latter, it is suggested that its radioactivity is explained by the presence of monocyte [31].

As a reason for the formation of high natural radioactive concentrations in soil, elevated concentrations of these elements in primary parent rocks and various geologic processes leading to accumulation of radioactive elements, for example, insolation processes of uranium accumulation as well as anthropogenic contamination with radioactive components in vicinity of mining factories can serve.

The purpose of the given work is to study the causes of high soil radioactivity in the South-Chinese Guangdong province and in the Auvergne region.

The preliminary gamma-spectrometric soil analysis shows that they are characterized by thorium radioactive nature (Th-190 Bq/kg; U (in terms of Ra) -120 Bq/kg ; K-150 Bq/ kg) in soil of Guandong province.

In soil, there are also some traces of technogenic isotope Cs137 that points to presence of the abundant isotope fallouts after nuclear weapon tests in the atmosphere.

The Guandong province soil research by the instrumental neutron activation analysis in the Nuclear Geochemical Laboratory of the Geoecology and Geochemistry Department (made by A.F. Sudyko, an analyst) revealed that the content of Th in soil amounts 43.6 g/t, but U-9.2 g/t ). Particular attention is drawn by the high concentration of Th in the rare earth soil ( $\sum TR = 134.5$  g/t), particularly Ce and Nd (see Table 1).

Table 1 - The chemical composition of soil Guangdong Province by the instrumental neutron activation analysis

Elements	Ca,%	Na,%	Fe,%	Th	U	Ta	La	Ce	Sm	Nd	Zn
Content, g/t	0.22	0.04	1.6	<b>43.6</b>	<b>9.2</b>	8.4	17.6	<b>89</b>	3.5	<b>14.5</b>	68.6
Elements	Eu	Tb	Lu	Yb	Cr	Au	Hf	Ba	As	Br	Cs
Content, g/t	0.2	1.2	1.1	7.4	18	0,0003	9.6	51	2.1	4.9	9.5

Low contents of Ca, Fe, Na and high content of U, Th as well as rare earth elements suggest that the original substrate for soil formation was potassium granite due to the presence of silica relics and K-feldspar in soil.

As for Auvergne region soil, the operational soil research by the instrumental neutron activation analysis has revealed that the content of U in soil amounts 6,44 g/t, but Th – 4,6 g/t ) (Table 1). Low content of Ca, Fe, Na and high content of U, Th as well as rare earth elements suggests that the original substrate for soil formation was two-mica granites. For further research, silt-loam fraction of the given soil was separated. Its portion amounted 37.4 % of the total sample weight. Sand soil fraction (of > 0.01mm in size) was subjected to the classic sieve analysis (Fig.1). Granulometric analysis shows that the C horizon is characterized by increased content of fine fraction (0.04 mm). While increasing horizons (from C to A), the percentage (%) of the fine dust fraction decreases (Fig.1)

Table 2 - The chemical composition of soil of Auvergne region by the instrumental neutron activation analysis

Element s	Sm	Ce	Ca, %	Lu	U	Th	Cr	Yb	Au	Hf	Ba	Sr	Nd	As	Ag
Content, g/t	2.14	29.3	2.53	0.103	6.44	4.6	11.7	0.8	0.002	2.26	482	30	20.8	24.3	0.5
Element s	Br	Cs	Tb	Sc	Rb	Fe, %	Zn	Ta	Co	Na, %	Eu	La	Sb		
Content, g/t	5,8	96.51	0.33	3.2	443.8	1.19	108.9	7.01	2.19	0.48	0.65	11.3	1.28		

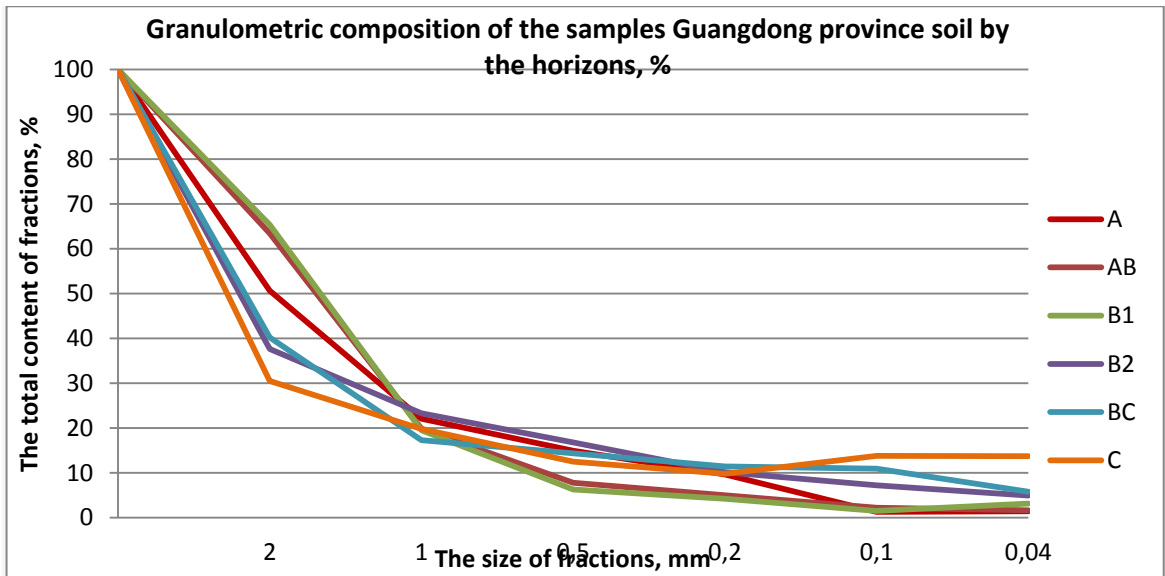


Figure 1 - Granulometric composition of the Guangdong Province soil

According to data of measurement by of method gamma-ray spectrometry (Fig. 2) potassium is an active migrant. Intense leaching of K occurs in the B1 horizon. The distribution of thorium in the soil profile differentiated weaker than the other elements. However, the existing variations in the distribution of Th allow us to trace the trend of its accumulation in the horizons B2, BC, C closer to the soil-forming rocks. The redistribution of uranium in the soil profile indicates a high mobility of the element in the illuvial-eluvial process. Significant removal of U is observed in the AB horizon and an intense accumulation of U from soil solutions is found in the humus horizon A.

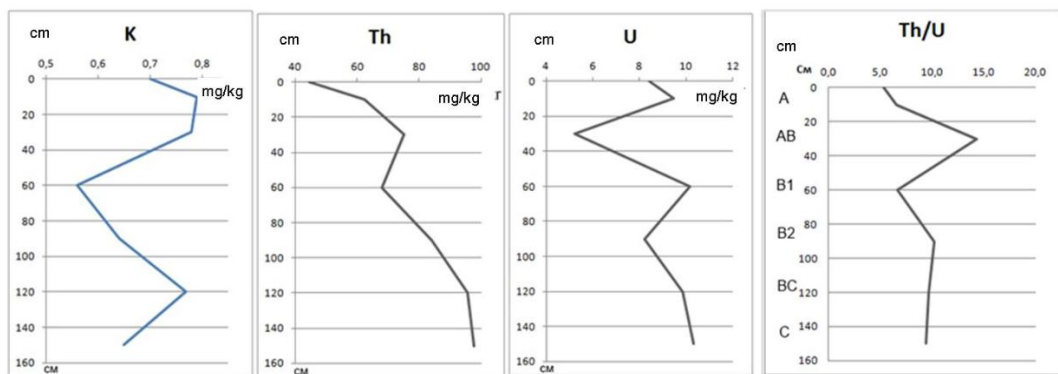


Figure 2 - The data of measurement by method gamma-ray spectrometry

Further mineralogical analysis of those fractions was made with the use of optical (binocular microscope) and electron-microscopic (electron microscope Hitachi S-3400N) research methods.



Isolated grain soil fractures were tested for radioactive, rare-earth and a number of other elements by the instrumental neutron activation method (Fig.3). The data analysis showed that maximum accumulation of radioactive elements was found in fraction – 0.04 and clay fraction. In addition, maximum accumulation of U was revealed in the fine sand fraction (22.7 g/t), but Th – in the clay fraction (110.4 g/t). Thorium-uranium relationship in them varies from 4.3 to 9, respectively. In fine sand (<0.04) and clay (<0.01) fractions, there was maximum accumulation of rare-earth, Ta, and a number of other elements.

The data analysis showed that maximum accumulation of radioactive elements was found in fraction – 0.04 and clay fraction of Auvergne region soil (Fig.4). In addition, maximum accumulation of U was revealed in the fine sand fraction, but Th – in the clay fraction. Thorium-uranium relationship in them is 0.7.

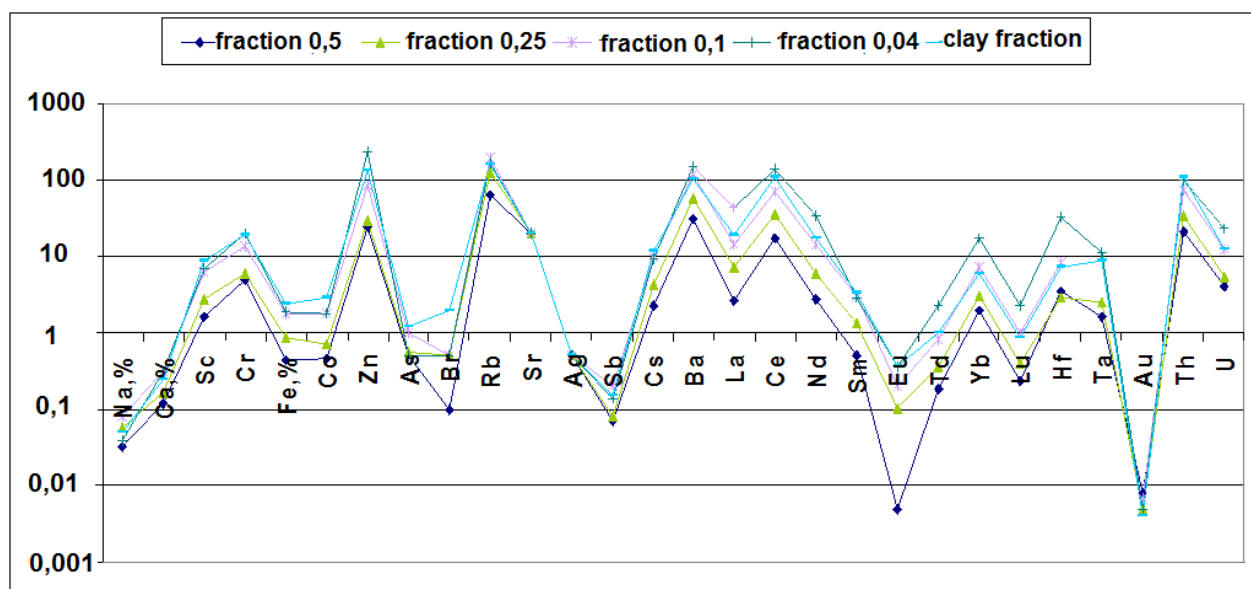


Figure 3- The elemental composition of soil Guangdong province by the instrumental neutron activation analysis

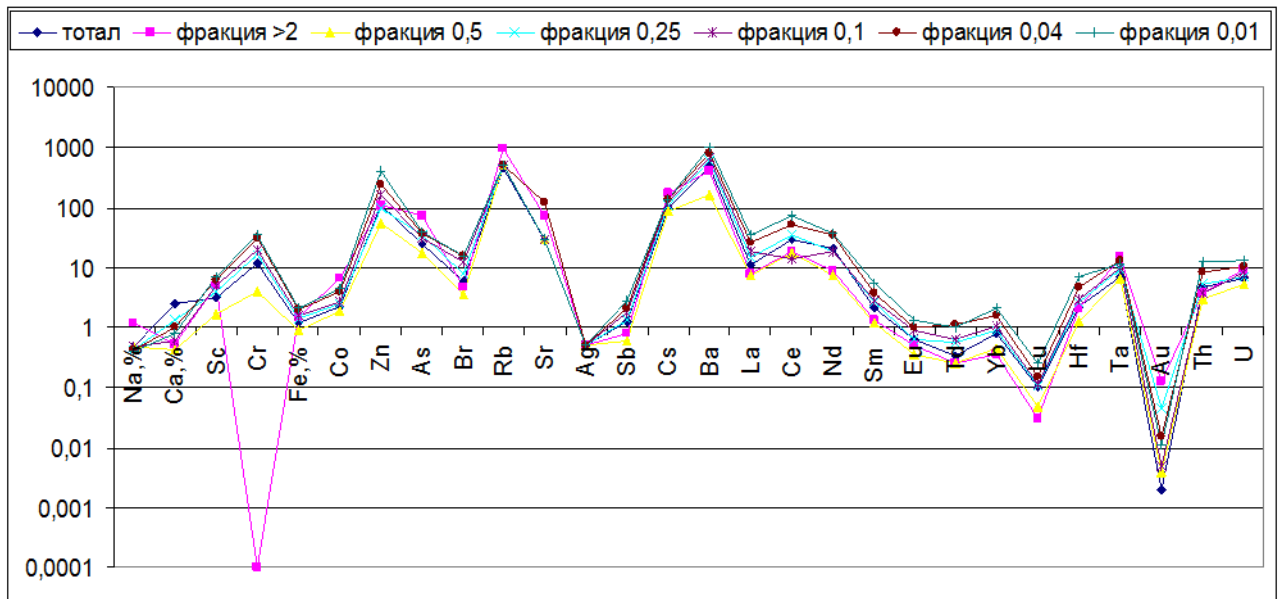


Figure 4 - The elemental composition of soil of Auvergne region by the instrumental neutron activation analysis

Also, we have the results of study in soils of Chinese Guangdong province, which also has a high natural radioactivity. Figures 5, 6 show the comparative characteristics of chemical elements in the fraction of 0.04 and the clay fraction.

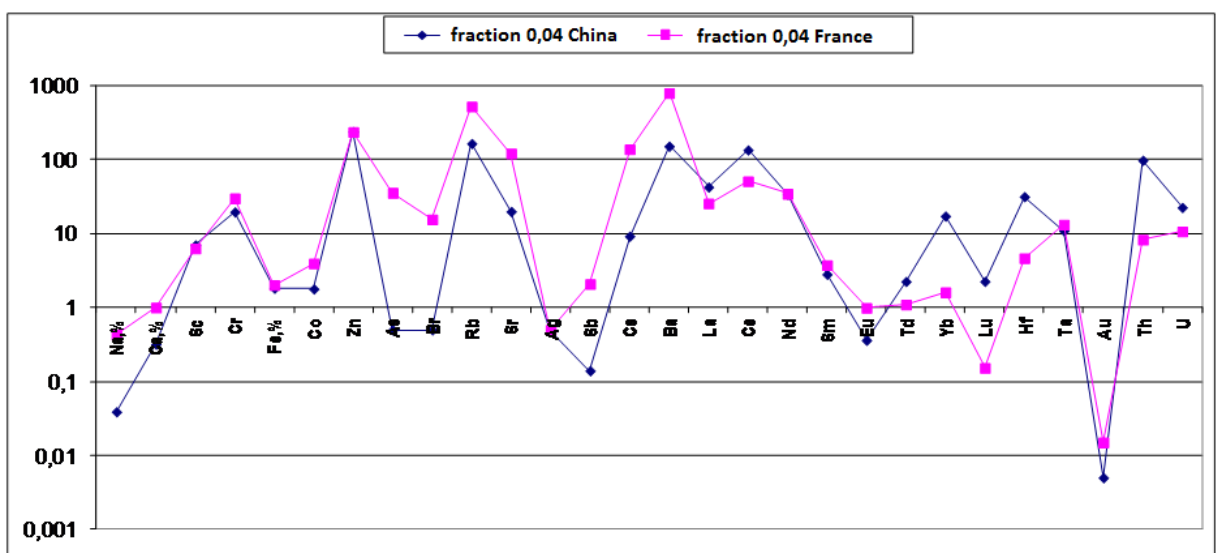


Figure 5 - The comparative analysis of chemical elements in fraction of 0.04 in the soils of Guangdong Province and the region Auvergne

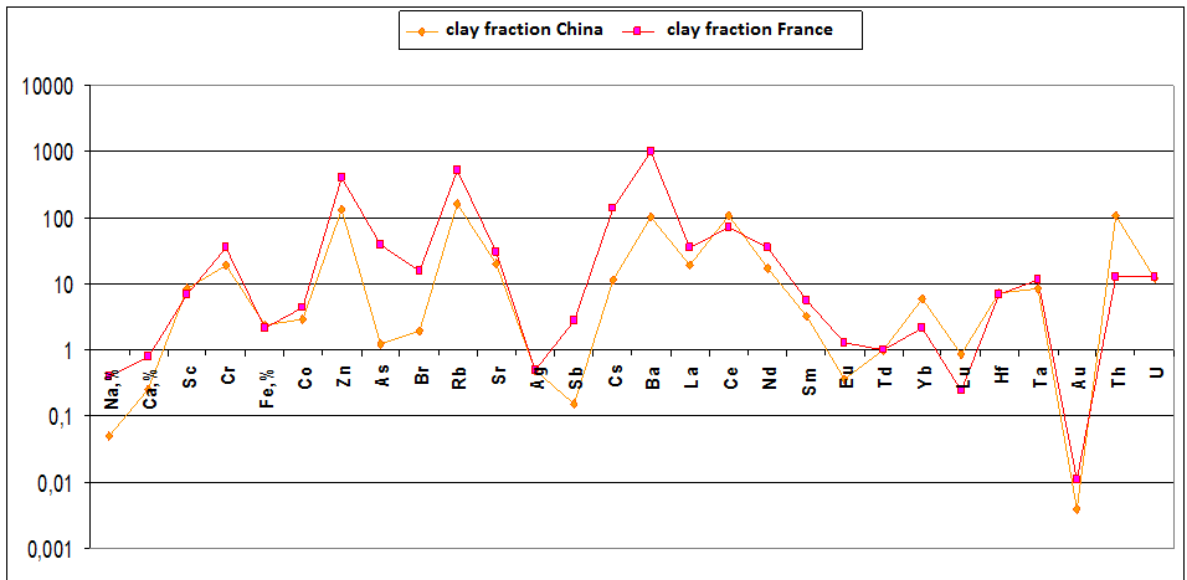


Figure 6 - The comparative analysis of chemical elements in the clay fraction in the soils of Guangdong Province and the region Auvergne

An important evaluation indicator of soil condition is thorium-uranium ratio (Fig.7). High (>5) thorium-uranium ratio in the soils is characteristic for areas with thorium-bearing geological formations. This is the area found in soils of Guangdong province (the ratio of thorium to uranium in the fractions varies from 4.3 to 9).

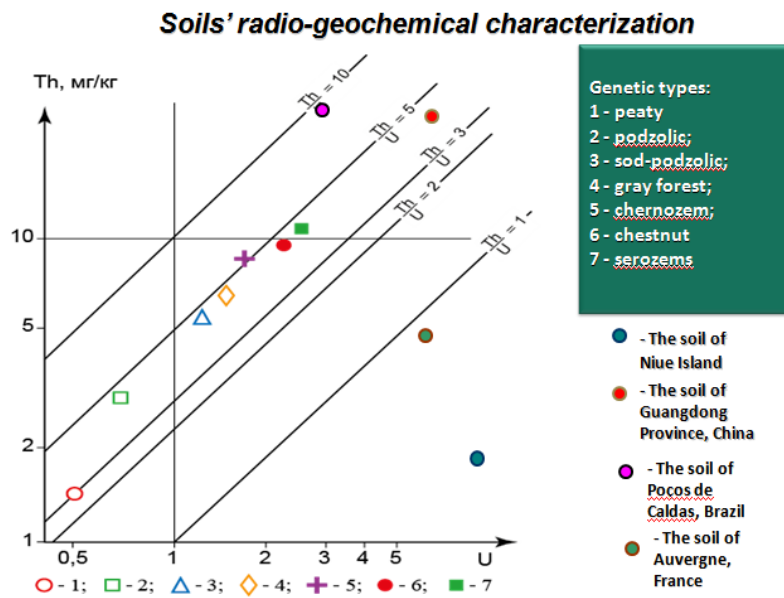


Figure 7 - Soils' radio-geochemical characterization

Reduced thorium-uranium ratio has observed in uranium-bearing soils areas. The soils of the region of Auvergne have low thorium-uranium ratio in the range 1-2,4. The region is located within the French Massif Central.

There are uranium ore deposits (Limousin, Foretz, Morvan). The deposits are confined to the two-mica granite massifs (San Silvestre et al.) with a high content of uranium, which are located along the fault Argens. The soils of this region are autochthonous [5].

Therefore, silt-loam soil fraction from Guangdong province was subjected to further more detailed study. Its chemical analysis showed that 81.45 % of soil fraction was caused by the presence of Si and Al oxides with the ratio SiO<sub>2</sub>: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 1.5, whereas the content of Fe oxides amounted 3.63 %. The content of alkaline elements was low and equaled 1.34 %. Besides, 1.3% was accounted for by K<sub>2</sub>O (see Table 3).

Table 2 Chemical analysis of Guangdong Province soil (%)

Elements	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	BaO	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NiO	LiO
Content, %	0.04	0.16	31.7	49.7	0.02	1.3	0.18	0.38	0.02	3.63	0.01	0.008	0.006	0.005	12.9

The content of organic hydrogen in soil was low, only 0.14 %. 24.6 % of its total amount was accounted for as fulvic acid hydrogen.

The research of mineral composition of silt-loam fraction by the X-ray structure analysis show that kaolinite (Al<sub>2</sub>[OH<sub>4</sub>]Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) dominates in it, there are a great deal of hydrargillite (Al[OH]<sub>3</sub>), chlorite and quartz as well as insignificant admixtures of mica, K-feldspar, illite-chloritic aggregates, and hematite.

The given rock can be classified as a ferrallitic soil group of humid tropical and subtropical regions in terms of the set of chemical indicators. The region is characterized by high degree of soil-forming material weathering.

In view of the results of the optical and electron-microscopic analysis (electron microscope Hitachi S-3400N) of heavy fraction (soil of Guangdong province), it was stated that clay particles crooked with fine mixture of hydrargillite with adhesions of hematite predominating in it. In these aggregates, the unclear

mineral phase is visible. In terms of its composition, it represents neodymium and iron oxides (Fe-47,9%, Nd-13,6%, O-35,3%). In some cases, the grains of thorium-containing zircon (Th up to 2,2%) and cassiterite were noticeable.

In the clay fraction phosphates with heavy and light rare earths (Fig.6), monazite (Fig.8), zircon (Fig.9), xenotime (Fig.10), thorite, and rare earth cerium phase with thorium were identified. The most common minerals are iron and titanium oxides, copper and zinc compounds (such as brass), and barite. Besides, silver gray trace minerals in the form of sulfide silver (it is not possible to state accurately), micromineral formation of bismuth and sulfur dioxide, zirconium (baddeleyite), copper-nickel compound are likely to be present.

Further mineralogical analysis of fine fractions of soil from Auvergne region was made with the use of optical (binocular microscope) and electron-microscopic (electron microscope Hitachi S-3400N) research methods. Barium phosphate (Fig. 11), mineral galena (Fig. 12) were detected, the most common mineral formations were titanium oxides and iron oxides.

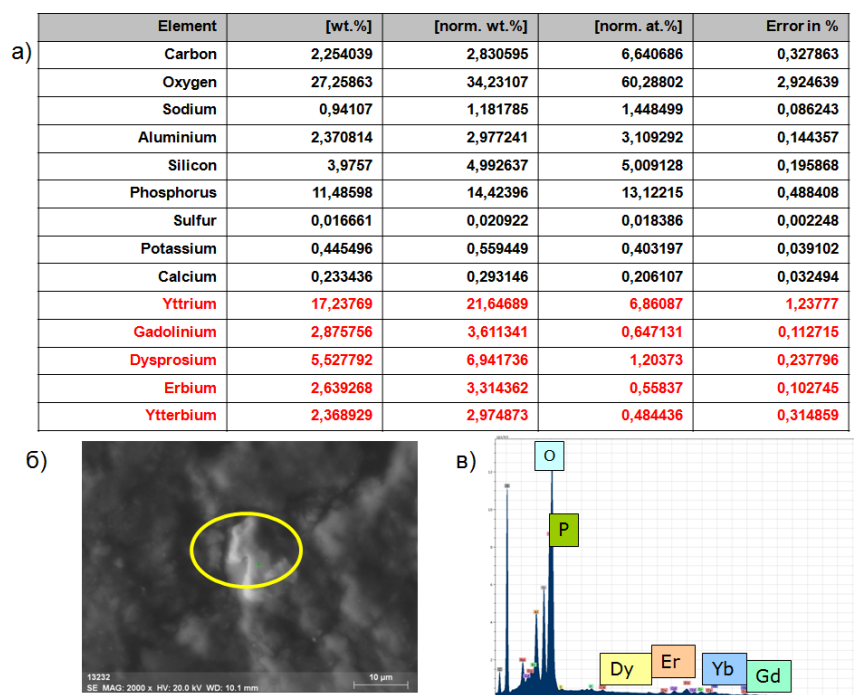


Figure 8 - The phosphates of heavy and light rare earths in clay fraction (b), energy dispersive spectrum (B) and composition (a) in soil of Guangdong province

a)

Element	[wt.%]	[norm. wt.%]	[norm. at.%]	Error in %
Carbon	13,07538	12,80437	21,47008	2,100618
Oxygen	49,77425	48,74262	61,35637	6,01135
Sodium	5,340268	5,229584	4,581282	0,39883
Aluminium	4,569562	4,474852	3,340154	0,247944
Silicon	5,724211	5,605569	4,019685	0,272482
Phosphorus	3,853886	3,77401	2,453938	0,178722
Potassium	0,199754	0,195614	0,100762	0,034802
Calcium	0,195437	0,191386	0,096174	0,034506
Lanthanum	4,715562	4,617826	0,669534	0,206158
Cerium	11,93181	11,68451	1,679441	0,563068
Thorium	2,736373	2,679658	0,232581	0,12171

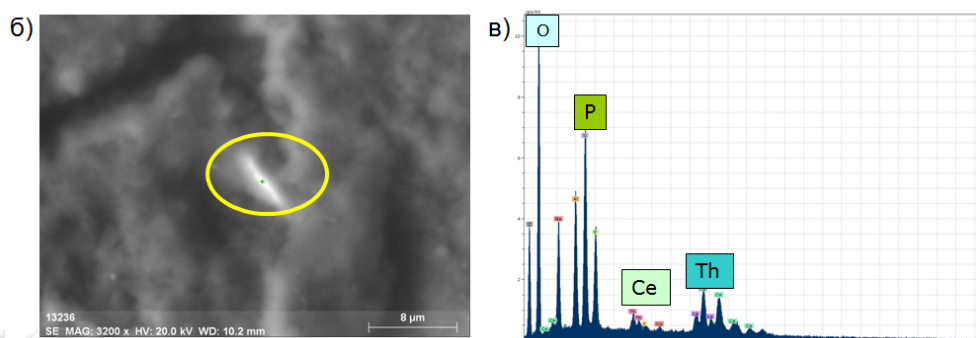


Figure 9 - The mineral of monazite in clay fraction (b), energy dispersive spectrum (B) and composition (a) in soil of Guangdong province

a)

Element	AN	series	Net	[wt.%]	[norm. wt.%]	[norm. at.%]	Error in wt.% (1 Sigma)
Carbon	6	K-series	12815	0	0	0	0
Oxygen	8	K-series	33720	38,092	53,265	77,957	4,664
Aluminium	13	K-series	18358	4,524	6,326	5,490	0,247
Silicon	14	K-series	35828	7,474	10,451	8,713	0,348
Scandium	21	K-series	372	0,199	0,278	0,145	0,038
Iron	26	K-series	3840	3,563	4,982	2,089	0,139
Copper	29	K-series	259	0,413	0,578	0,213	0,055
Zirconium	40	L-series	28157	13,255	18,535	4,758	0,539
Hafnium	72	L-series	771	1,755	2,454	0,322	0,109
Thorium	90	M-series	1497	1,465	2,049	0,207	0,089
Uranium	92	M-series	768	0,775	1,083	0,107	0,065

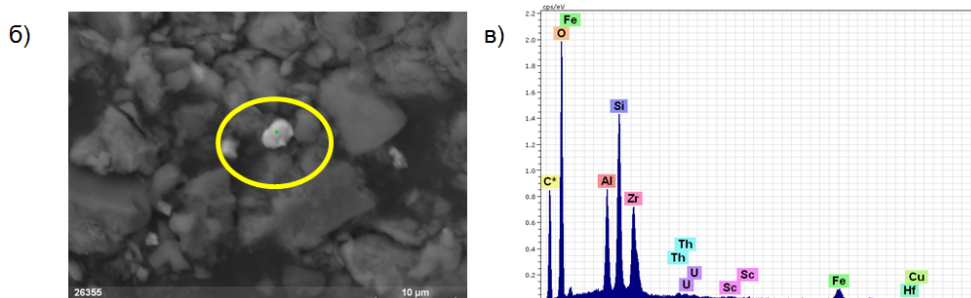


Figure 10 - The mineral zircon with impurities of thorium and uranium in clay fraction (b), energy dispersive spectrum (B) and composition (a) in soil of Guangdong province

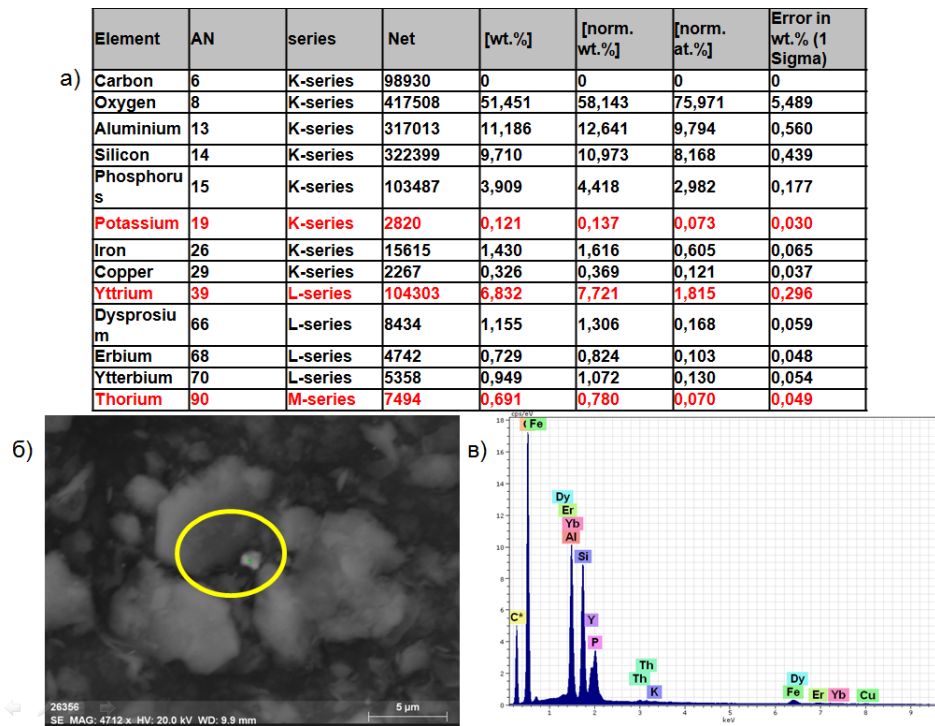


Figure 11 - The mineral xenotime with impurities of thorium and heavy rare earths in clay fraction (b), energy dispersive spectrum (B) and composition (a) in soil of Guangdong province

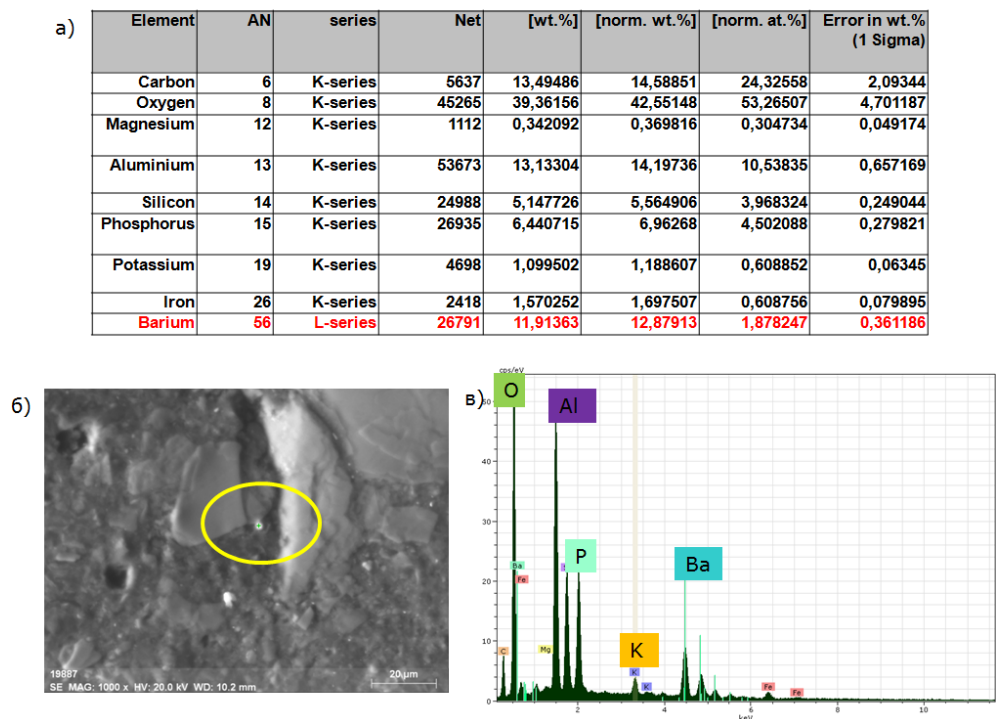


Figure 12 - The mineral phase of barium phosphate, (b), energy dispersive spectrum (B) and composition (a) in soil of Auvergne region

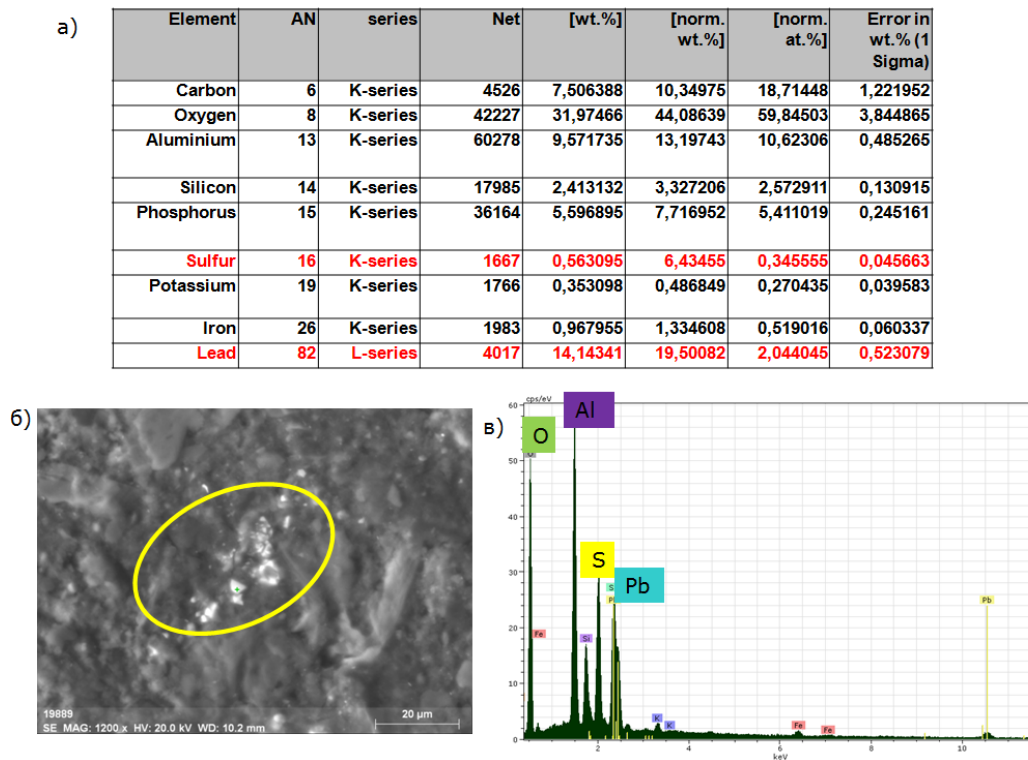


Figure 13 - Mineral galena (A), the energy-dispersive spectrum (B) and composition (a) in soil of Auvergne region

According to research by N. Wang, gamma-ray spectrometry survey with NaI(Tl) has been performed on a large scale to determine the distribution of  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  and  $^{232}\text{Th}$  in soil and rocks in Zhuhai, a southern Chinese city located in Guangdong Province. The average activities of  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  and  $^{232}\text{Th}$  were found  $655 \pm 338$ ,  $85.8 \pm 31.6$ , and  $159,8 \pm 49.0 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$  in soil or cement of pavement in the urban area;  $832 \pm 455$ ,  $87.3 \pm 41.6$ , and  $179.3 \pm 40.7 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$  in weathered granite;  $634 \pm 76.8$ ,  $35.2 \pm 14.6$  and  $70.2 \pm 18.6 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$  in the Quaternary sediments in Doumen District. The average  $^{232}\text{Th}$  activity ( $159.8 \pm 49.0 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) is above the average in both China ( $49 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) and the world ( $30 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) [69].

The activities of  $^{40}\text{K}$ , and  $^{238}\text{U}$  in fresh granite rock are normally higher than those in weathered granite. The average of  $^{40}\text{K}$  activity in fresh granite is  $1,223.5 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

Also, there is high radon hazard in Guangdong province. Figure 14 shows that the distribution of soil-gas  $^{220}\text{Rn}$  obviously has geological features. Most sites with



high  $^{220}\text{Rn}$  concentrations in soil-gas are mainly related to the outcrops belonging to the Jurassic and Cretaceous granite. The average value is  $100.41 \text{ kBq/m}^3$  (excluding the abnormal point), and the maximum reaches  $1199 \text{ kBq/m}^3$ .

Similarly,  $^{220}\text{Rn}$  concentrations of the first 19 measurements are very low, with the average value of  $13 \text{ kBq/m}^3$ , however, the values appear to dramatically change from  $41.09$  to  $461.32 \text{ kBq/m}^3$  in the remaining points which are located in the regions of granite and weathered granite. There are three sites where  $^{220}\text{Rn}$  concentrations are over  $400 \text{ kBq/m}^3$ , but their  $^{222}\text{Rn}$  are between  $73.45$  and  $121.34 \text{ kBq/m}^3$  [68].

Zhuhai is one of the highest radioactivity background areas in China. The measured highest terrain air-absorbed dose rate at the height of  $1\text{m}$  above ground is  $266.54 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$  in Zhuhai, and the average value is  $66.28 \pm 11.78 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$  in sediment,  $145.90 \pm 32.19 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$  in weathered granite and  $145.16 \pm 26.33 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$  in ZUA, respectively. It is the reason for the fact that broken fresh granite detritus and weathered granite sands are used as road construction materials and building ground foundation materials [70].

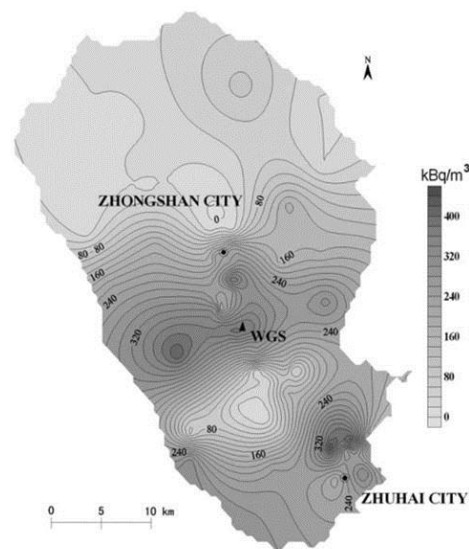


Figure 14 - Contour map of Rn-220 in soil-gas in Zhongshan City [68]

Study by French scientists in the field of radioecology shows that on the territory of the French Massif Central activity of radionuclides has increased ( $> 150 \text{ Bq/m}^3$ ) in the houses of the Auvergne region [58].

Scientists Gal Frederick, Gadalia Alain noted high concentrations of radon (Fig. 15) in soil air near city Vichy (Lake Pavin). Probably, this is due to uranium ore veins.

Based on this observation, two full periods of 40 days are available through the records. To better compare these two time intervals, they have been brought together to a common temporal origin (Fig. 16). Moreover, to enhance the readability of the figure, we chose to represent the 12 hours moving average rather than the hourly variations. The common origin is taken at a period of reduced activity, close to  $60,000 \text{ Bq/m}^3$ . A remarkable synchronicity appears when comparing these data. Around 8 days after the registration of the minimum radon activity, and following the appearance of a very short burst 24 to 36 hours after that minimum, a peak of the radon activity occurs, followed by a period of slow decline. Subsequently, a secondary peak of activity is visible, before activities decrease again to reach their lowest values [58].

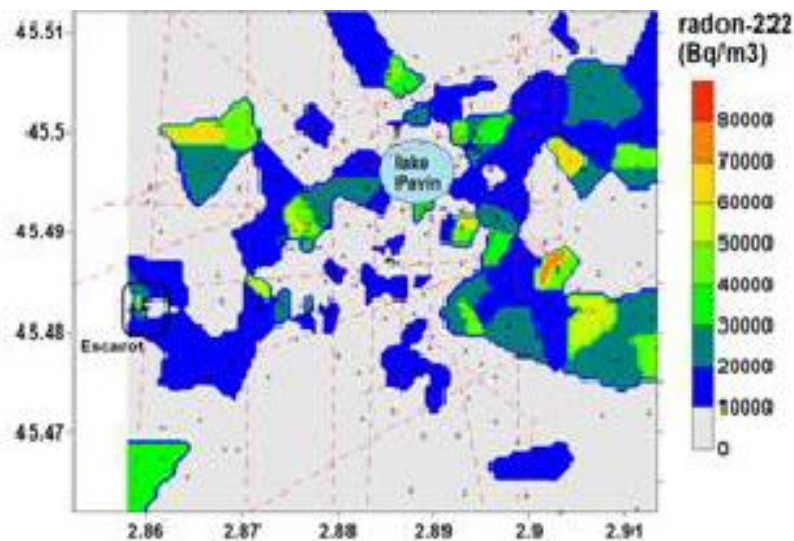


Figure 15 – Map of radon concentration in soil air near Vichy [].

In connection with natural hazards issues and gas hazard in Lake Pavin, quantifications of  $\text{CO}_2$ , radon,  $\text{O}_2$ , helium contents in soils have highlighted an area rich in gas, of mofette type or fumaroles type (is an opening in the planet's crust, often in the neighborhood of volcanoes, which emits steam and gases such as carbon dioxide, sulfur dioxide, hydrogen chloride, and hydrogen sulfide). Such structures are

not unique across the Massif Central (the Neyrac-les-Bains mofette in Ardèche; the “dog cave” in Chamalières and the Brissac geyser in Saint-Maurice-ès-Allier, Puy-de-Dôme), as well as the numerous carbogaseous occurrences reported [58].

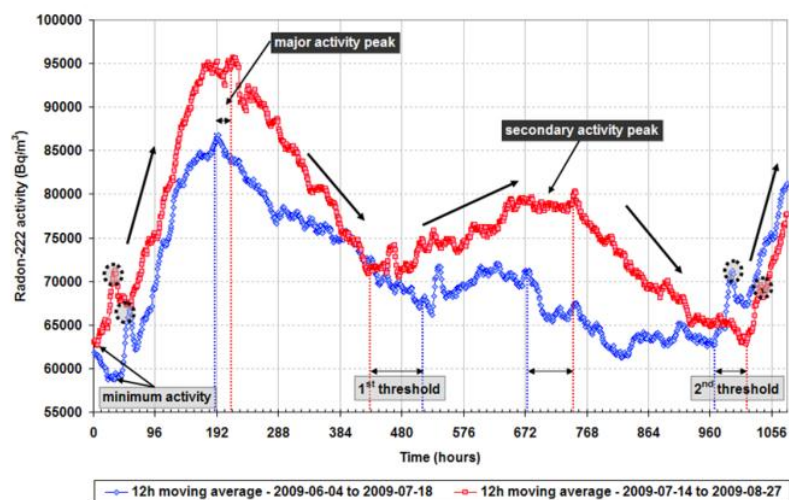


Figure 16 – Comparison between two 40-days long radon activity cycles [58]

In the course of the work it was stated that highly radioactive soil of Guangdong province has been formed due to deep chemical weathering of highly radioactive potassium granites. High uranium and thorium contents in them are caused by specific conditions of weathering crust formation and subsequent pedogenesis. The concentration of radionuclides in soils depends on their content in the underlying rocks.

The soils of the region of Auvergne have high content of uranium ( and low thorium-uranium ratio in the range 1-2,4. Uranium ore deposits (Limousin, Foretz, Morvan) are located in Auvergne region. The deposits are confined to the two-mica granite massifs (San Silvestre et al.) With a high content of uranium, which are located along the fault Argens. The soils of this region are autochthonous [43].

As a current hypothesis, it can be suggested that in our case the sorption concentration mechanism of U, Th, and rare-earth elements has revealed in kaolinite-gibbsite soil aggregate. The high natural radioactivity of soils in China’s Guangdong Province is associated with the high content of radioactive elements in the predominantly fine clay fraction.

According to electron microscopic analysis of the soils of Guangdong province, mineral - concentrators of rare-earth and radioactive elements are monazite, phosphates of heavy rare earths, xenotime, and zircon.

The elevated concentrations of natural radionuclides in the soils lead to high concentrations of radon, which, in turn, causes ecological problems. Scientists have proven negative effects on human health associated with high average doses of radiation. In the areas with increased content of radionuclides chromosomal and genetic changes, leukemia, lung cancer, sarcoma, nasopharyngeal carcinoma etc. can be observed.

Таблица 7.2 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме «Радиозэкологические проблемы в районах распространения почв с повышенной естественной радиоактивностью»

№ раб.от.	Вид работ	Исполнители	T <sub>Ki</sub> кал. дн.	Продолжительность выполнения работ																																															
				Февр			март			апрель			май			июнь			июль			август			сентяб			октябрь			ноябрь			декабр			январь			февраль			март			апрель			май		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
1	Составление ТЗ	Р,И	4	▣																																															
2	Изучение литературы	И	31		■	■	■																																												
3	Выбор направления исследований	Р,И	10	▨	■																																														
4	Календарное планирование работ по теме	Р,И	4	▣	■																																														
5	Подготовка к пробоотбору	И	30					■	■																																										
6	Пробоотбор	И	31						■	■																																									
7	Пробоподготовка	И	61												■	■	■	■																																	
8	Анализ проб	Р,И	92																																																
9	Сопоставление полученных результатов с теоретическими исследованиями	Р,И	121																																																
10	Составление отчета (ВКР)	И	92																																																

▨ - руководитель (Р), ■ - инженер (И).