

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт фундаментальной биологии и биотехнологии
Кафедра биофизики

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

« _____ » _____ 20 ____ г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

06.03.01 – Биология
06.03.01.07 – Биофизика

Классификация эталонных и природных образцов почв в электронной базе
данных

Руководитель	_____	Младший научный сотрудник	Н.В. Римацкая
Выпускник	_____		Т.А. Быкова

Красноярск 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. Обзор литературы.....	6
1.1 Понятие «почва», её состав, свойства и классификация.....	6
1.1.1 Состав почвы.....	6
1.1.2 Свойства почвы.....	8
1.2 Классификация почв.....	11
1.3 Методы биотестирования почв.....	18
1.4 Принципы билюминесцентного анализа.....	21
2 Материалы и методы.....	24
2.1 Отбор природных почвенных образцов.....	24
2.2 Отбор эталонных почвенных образцов.....	25
2.3 Химический анализ природных образцов.....	30
2.4 Принцип пробоподготовки.....	32
2.5 Билюминесцентное ферментативное биотестирование.....	35
2.6 Веб-платформа для построения модельно-ориентированных систем сбора данных.....	36
3 Результаты и обсуждения.....	39
3.1 Результаты исследования природных почвенных образцов.....	39
3.2 Результаты по хранению и пробоподготовке природных и эталонных почвенных образцов.....	40
3.3 Данные для заполнения интерфейса бд.....	43
3.4 Разработка управляющей модели.....	43
3.5 Анализ массивов данных в бд.....	46
3.6 Возможности систематизации и анализа отчетов бд в других программах.....	47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	52
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	53
Приложения А, Б, В, Г.....	58-64

ВВЕДЕНИЕ

Почва представляет собой поверхностный слой литосферы Земли и относится к возобновляемым ресурсам. Она играет важную роль в жизни человека, ведь отрасль сельского хозяйства напрямую зависит от качества и плодородия почвы. Почва является основным источником продуктов питания, средой обитания животных и произрастания растений.

Ежедневно почвенные ресурсы подвергаются интенсивным загрязнениям антропогенного характера. Поэтому, возникает необходимость постоянного мониторинга их состояния.

На сегодняшний день разработано большое количество различных методов анализа почв. Основной упор сделан на химический анализ, отражающий количественные показатели загрязнения, а значит, возникает необходимость в интегральных характеристиках почв. Биотесты, основанные на ферментативной системе, отличаются высокой чувствительностью, позволяют получить точные данные биотестирования образцов. В настоящее время активно применяются биотесты для сложных систем, в том числе и для почв. Такое тестирование, в отличие от химических методов, способно выявить степень угрозы для живых организмов.

С 2015 года разрабатывается биолюминесцентный ферментативный метод оценки почв, в основе которого лежит реакция: NADH:FMN-оксидоредуктазы и люциферазы. Данный метод тестирования обладает интегральными характеристиками; показывает качественный, а не количественный анализ. Подбираются условия пробоподготовки и хранения природных и эталонных почвенных образцов.

Современные электронные базы данных, такие как «Почвенно-географическая база данных России (ПГДБ России)», «Агрочувствительность Туву», «Food and Agriculture Organization of the United Nations» и др., не имеют в своем арсенале интегральных характеристик почв на живые объекты. С 2015 года осуществляется формирование массива данных полученных в ходе

биолюминесцентного ферментативного биотестирования. Не смотря на то, что разработка метода началась не так давно, к 2019 году накоплено огромное количество данных. Появилась проблема описания и систематизации показателей, почвенных образцов.

Поэтому, целью работы является классификация и систематизация эталонных и природных образцов почвы в электронной базе данных.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Отобрать почвенные образцы и исследовать их с помощью физико-химических и биолюминесцентного методов анализа
2. Определить список необходимых показателей для классификации и систематизации природных и эталонных образцов почвы в БД
3. Создать управляющую модель для базы данных
4. Провести аналитическую обработку массива данных

1. Обзор литературы

1.1 Понятие «Почва», её состав, свойства и классификация

Почва – это самостоятельное естественноисторическое органоминеральное природное тело, возникшее на поверхности земли в результате длительного воздействия биотических, абиотических и антропогенных факторов, состоящее из твердых минеральных и органических частиц, воды и воздуха и имеющее специфические генетико-морфологические признаки, свойства, создающие для роста и развития растений соответствующие условия. Согласно ГОСТ 27593-88 «Почвы. Термин и определения» [1].

Почва (soil) – особое органоминеральное естественноисторическое природное образование, возникшее в результате воздействия живых организмов на минеральный субстрат и разложения мертвых организмов, влияния природных вод и атмосферного воздуха на поверхностные горизонты горных пород в различных условиях климата и рельефа в гравитационном поле Земли. Почва характеризуется плодородием. Мощность почв – до 2–3 м. Почвы – один из важнейших природных ресурсов. Почва – это естественноисторическое самостоятельное тело, возникшее как результат векового взаимодействия факторов почвообразования [2].

1.1.1 Состав почвы

Твердая фаза почв состоит из минерального и мертвого органического вещества. На долю минеральной составляющей почвы приходится больше 90 % твердой фазы [3].

Факторы почвообразования - это компоненты природной среды, при взаимодействии которых образуется почва. Основы учения о факторах почвообразования были заложены В.В. Докучаевым в конце XIX века. Он установил 5 основных факторов, участвующих в процессе почвообразования:

- Почвообразующая (материнская) горная порода (материальная основа почвы, из которой формируется минеральная матрица);
- Живые организмы и растения (обогащение почв органическими веществами, влияние на газовый и тепловой режимы почв);
- Рельеф и время (перераспределение тепла и влаги, продуктов выветривания и почвообразования на земной поверхности);
- Климат (характер водно-теплового режима почв и энергетика процессов почвообразования);
- Антропогенная деятельность (нарушение почвообразовательных процессов, загрязнение, орошение, осушение) [3].

Органическое вещество почв представляет собой сложную систему всех органических веществ. Основными источниками их поступления являются остатки растений и животных на разных стадиях разложения. Основную массу составляют растительные остатки (не утратившие анатомического строения), некоторые беспозвоночные и позвоночные животные, микроорганизмы, обогащающие азотсодержащими веществами почву [4].

Химический состав почвы весьма разнообразен. Основную часть составляют кислород, водород и вода, также для почв характерно высокое содержание углерода и азота. Присутствуют и такие элементы, как алюминий, железо, кальций, магний, натрий, калий и др. Первоисточниками химических элементов всех почв и пород являются магматические породы (95% общей массы пород) [4].

Минералогический состав почвы – это процентное соотношение минералов в определенной массе почвы по горизонтам почвенного профиля. Минералы по происхождению делят на *первичные* (минералы, переходящие в

мелкозем в процессе выветривания материнских пород) и *вторичные* (глинистые минералы, минералы оксиды железа и алюминия, соли). Главный источник минеральных соединений почв - литосфера Земли [4].

Микроэлементы почв представляют собой те химические элементы, которые содержатся в ней и в биологических объектах в незначительных количествах. Они выполняют физиологическую и биохимическую роль, присутствуя в составе витаминов, ферментов, гормонов [3].

Радиоактивность почв обусловлена содержанием в ней радиоактивных химических элементов [3].

Позвоночные и беспозвоночные животные благоприятно влияют на почву, изменяя структуру порового пространства и перераспределяя по глубине органо-минеральные вещества в профиле; накопление в телах животных элементов питания, разрушение и измельчение органических остатков. Позвоночные животные: кроты, грызуны, землеройки – разрывая почву, создают ходы, по которым кислород поступает в почву, насыщая её.

Микроорганизмы участвуют в гумусообразовании, разрушении и новообразовании почвенных минералов, в дыхании почв и образовании соединений элементов серы, железа, марганца и азота [3].

Так же в почвообразовании принимают участие *грибы* и *почвообитающие водоросли* (создание органического вещества почв) [3].

1.1.2 Свойства почвы

Главным свойством почвы является ее поглощительная способность. Такая способность позволяет поглощать и удерживать твердые, жидкие и газообразные вещества. К.К. Гедройц выделил 5 видов поглощения:

- Механическое (поглощение и задержка поступающих с водой твердых минеральных и органических веществ);

- Физическое (удерживание на поверхности твердых частиц вещества за счет адсорбционных сил);
- Химическое (образование нерастворимых и труднорастворимых соединений при взаимодействии поступающих катионов и анионов с имеющимися в почве);
- Физико-химическая (поглощение и обмен катионов с поверхности на имеющиеся в почве);
- Биологическая (накопление элементов зольного питания и азота) [5].

1. Физические свойства почв

К основным физическим свойствам относятся удельный вес, объемный вес (плотность) и пористость, или скважность.

Удельным весом почвы называют отношение веса ее твердой фазы к весу воды в том же объеме при 4° [6].

Объемным весом называется вес единицы объема абсолютно сухой почвы, взятой в естественном сложении. Выражается объемный вес в граммах на 1 куб. см. Величина объемного веса (плотность) существенно влияет на водный, воздушный и тепловой режимы почвы, а следовательно, на развитие растений [6].

Пористость (скважность) - это суммарный объем всех пор между частицами твердой фазы почвы. Пористость выражается в процентах от общего объема почвы. Пory в почвенных горизонтах могут быть различной формы и диаметра [7].

2. Тепловые свойства почв

Колебания температуры — важный компонент почвенного микроклимата. Температура почвы влияет на скорость поступления воды в корни растений, на транспирацию, на продуктивность растительности.

Температурный режим почв регулирует численность микроорганизмов и их активность, минеральные преобразования и процессы разложения органических остатков и трансформации почвенного гумуса. Температура почв контролирует фазовые переходы в системе почва — почвенный раствор — почвенный воздух, процессы растворения солей и газов, скорость выветривания минералов [8].

3. Физико-механические свойства почв

Ряд процессов, протекающих в почвах, определяется их физико-механическими свойствами, которые проявляются при воздействии внешних нагрузок и подразделяются на: деформационные, прочностные и реологические [8].

Деформационные свойства характеризуют поведение почв при нагрузках, не приводящих к их механическому разрушению. К ним относятся сжимаемость, консолидация (уплотнение).

Прочностные свойства характеризуют поведение почв при нагрузках, вызывающих их разрушение - сдвиг, разрыв [8].

Реологические свойства характеризуют поведение почвы под давлением во времени. К ним относятся вязкость, пластичность [8].

4. Водные свойства почв

Важнейшими водными свойствами почв являются водоудерживающая способность (сорбция воды), влагоемкость, водопроницаемость и водоподъемная способность [4].

Можно различать следующие пять категорий (форм) почвенной воды:

- Твердая вода — лед. Твердая вода в почве — это лед, являющийся потенциальным источником жидкой и парообразной воды, в которую он переходит в результате таяния и испарения [9].

- Парообразная вода. Эта вода содержится в почвенном воздухе порового пространства в форме водяного пара [9].

- Физически связанная, или сорбированная, вода. К этой категории относится вода, сорбированная на поверхности почвенных частиц, обладающих определенной поверхностной энергией за счет сил притяжения, имеющих различную природу [9].
- Свободная вода. Вода, которая содержится в почве сверхрыхлосвязанной, находится уже вне области действия сил притяжения со стороны почвенных частиц (сорбционных) и является свободной [9].

1.2 Классификация почв

1.2.1 Понятие классификации

Классификация почв - Система разделения почв по происхождению и (или) свойствам. Согласно ГОСТ 27593-88 «Почвы. Термин и определения» [1].

Классификация почв представляет собой объединение почв в группы по их признакам, свойствам и особенностям плодородия.

В основу построения классификаций лёг генетический принцип. Согласно этому принципу признаки и свойства почв должны рассматриваться как следствие процессов почвообразования. За основную единицу принимается генетический тип почв [1].

В настоящее время принята такая схема классификации почв: тип - подтип – род – вид – разновидность – разряд – вариант.

- Тип почвы – Основная классификационная единица, характеризующая общностью свойств, обусловленных режимами и процессами почвообразования, и единой системой основных генетических горизонтов [1].

- Подтип почвы – классификационная единица в пределах типа, характеризующая качественными отличиями в системе генетических

горизонтов и по проявлению налагающихся процессов, характеризующих переход к другому типу [1].

- Род почвы – классификационная единица в пределах подтипа, определяемая особенностями состава почвенно-поглощающего комплекса, характером солевого профиля, основными формами новообразований [1].

- Вид почвы – классификационная единица в пределах рода, количественно отличающаяся по степени выраженности почвообразовательных процессов, определяющих тип, подтип и род почв [1].

- Разновидность почвы – классификационная единица, учитывающая разделение почв по гранулометрическому составу всего почвенного профиля [1].

- Разряд почвы – классификационная единица, группирующая почвы по характеру почвообразующих и подстилающих пород [1].

- Вариант почвы – различают варианты почвы естественного сложения и культурные варианты, в той или иной степени агрогенно-измененные [1].

Классификации могут быть химическими, физическими, минерало-петрографические, естественно-генетические, интегрально-количественные и дифференциально-количественные [10].

1.2.2 Проблема классификации почв

Классификация известного всему миру В.В. Докучаева получила название генетической, так как в основу выделения типов почв легли их генезис и факторы почвообразовательных процессов. Принципы генетической классификации постоянно разрабатывались и углублялись.

Дальнейшее развитие классификации почв осуществлялось с заложенных генетических позиций, при этом складывались различные подходы, освещавшие разные стороны классификационной проблемы. В числе таких

подходов можно отметить: историко-генетический, эколого-географо-факторно-генетический, эволюционно-генетический, субстантивно-генетический [11].

Учеными предлагались новые классификации, отличающиеся различными параметрами исследования друг от друга. С течением времени, предложенных классификаций почв стало очень много. Не смотря на то, что была принята общая генетическая классификация по Докучаеву, в настоящее время используются ранее предложенные системы классификации. Это затрудняет объединение данных, полученных в ходе исследования почвенных объектов, ведь нет единой, объединенной классификации.

По сей день, проблема классификации почв остается одной из наиболее дискуссионных как в России, так и во всем мире. Это обусловлено различиями в принципах, заложенных в основу классификации почв мира.

В настоящее время большинство стран используют национальные классификации при работе с почвами. Существующие национальные классификации представлены в таблице 1.

Таблица 1. Национальные классификации и страны использующие их

Страны	Классификации
Россия, США	Keys to Soil Taxonomy, 2003
Франция	Referentael Pedologique, 2008
Германия	Harmonization of Soil Survey Classification-Blending East with West
Англия	BSSS
Австралия	Australian Soil Classification
Бразилия	Sistema Brasileiro de Classificacao de Solos
Канада	Canadian System of Soil Classification
Норвегия	Klassifikasjons system for jordsmonn i Norge
Южная Африка	Republic of South Africa
Швейцария	Die Bodenklassifikation der Schweiz
Белоруссии	Классификация почв Белоруссии

Несмотря на то, что существуют классификации почв мира, в настоящее время продолжают создаваться свои национальные классификации. Это не является глобальной проблемой. Наоборот, существование местных классификации полезно, но лишь тогда, когда они не противоречат общепринятым и, в свою очередь, дополняют их, вписываясь в общую классификацию почв [12].

Проблема классификации почв считается вечной. Со временем она не будет упрощаться, наоборот, в науке постоянно будут возникать более сложные вопросы при решении данной проблемы. Логично, что ни одна глобальная классификация не может считаться окончательной и общепринятой, ведь всегда будут уместны перестройка и совершенствование имеющихся классификаций.

Soil Taxonomy используется как официальная классификация не только в США, но и в десятках развивающихся стран; более поздние классификации почв Канады, Китая, легенда к Почвенной карте мира ФАО-ЮНЕСКО и WRB базируются во многом на положениях Soil Taxonomy. Несмотря на многочисленные дискуссии сопровождавшие разработку этой классификации, она явилась важнейшей вехой в развитии классификации почв мира.

В основе американской классификации лежит несколько базовых положений (основные принципы построения). Во-первых, в отличие от ранних генетических классификаций, классифицируется собственно почвенный профиль, а не представления о его генезисе. Во-вторых, диагностика высших уровней производится по формальным количественным критериям.

Canadian System of Soil Classification (1999). Канадская система проще полной почвенной классификации США и использует номенклатуру и понятия, разработанные для местных условий. В настоящее время в Канаде используется классификация Canadian System of Soil Classification (1999) (http://www.itc.nl/~rossiter/research/rsrch_ss_class).

Sistema Brasileiro de Classificacao de Solos. Основываясь на почвенных исследованиях, учеными было сделано предположение, что хорошо дренируемые «тропические» почвы Бразилии можно разбить на два больших класса: почвы с латеритным горизонтом В и почвы с текстурным В горизонтом; почвы с горизонтом камбик, по-видимому, занимают небольшие площади и встречаются на больших высотах.

Почвы Бразилии впоследствии вновь тщательно изучали и результаты этих исследований послужили основой для создания более совершенной и полной классификации Sistema Brasileiro de Classificacao de Solos. В 1999 году Embrapa опубликовал издание «Система классификации бразильской почвы». (<http://www.pedologiafacil.com.br/ingles/soilclassification.php>) [11].

1.2.3 Современные походы к классификации почв в БД

В своей статье «К вопросу создания единой базы данных почвенных ресурсов России, Украины и Белоруссии» С. А. Шоба рассматривает возможность объединения трех информационных почвенных баз данных. Ранее разработанные базы данных от трех государств имеют сходную структуру, описание почв и их характеристик. Разработка почвенной базы данных осуществлялась с помощью программы Soil DB, программа использовалась для локального ввода и редактирования почвенных данных. Были разработаны условия отбора почв, для их внесения в базу данных: площадь почв; характерные почвенные профили для территории; координатная привязка почв; описание почвенных характеристик (факторы почвообразования) и свойств (физические, химические, биологические). Такая разработка позволит проводить крупномасштабные почвенные исследования, осуществлять мониторинг почв, строить почвенные карты не только отдельных государств, но и почвенную карту мира в целом [13].

Статья Рожкова В.А о «Почвенно-географической базе данных» является предпосылкой к предыдущей работе. Здесь мы видим только начальные разработки по созданию базы данных (далее - БД) на 2010 год. К тому времени по земельным ресурсам страны было накоплено огромное количество информационного материала, поэтому перед почвоведомы страны стояла задача разработать единую БД. Ее создание направлено на решение следующих проблем: накопление и систематизация информации; планирование устойчивого использования почвенных ресурсов страны; разработка оценки воздействия на почвы хозяйственной деятельности и глобальных природных изменений. Были определены четыре составляющие Природной географической Базы Данных (ПГБД): геометрия ПГБД, БД педотрансформационных функций, профильно-аналитическая БД, БД гидрологических свойств). Собранная и систематизированная информация о почвенном покрове России будет открыта и представлена для всех специалистов [14].

В своей работе «Создание информационной базы данных агроэкологического мониторинга реперных участков Тувы (методический подход)» Жуланова В.Н., Александрова С.В. и Чупрова В.В. ставят целью показать создание информационной системы Базы данных «Агрочувств Тувы». Главной проблемой проектирования БД заключается в определении назначения элементов данных. БД должна обеспечивать получение необходимых данных и их эффективную обработку. Для решения поставленных задач авторы использовали программный пакет Microsoft Access. Полученная БД предназначена для хранения, корректировки и использования информации, полученной в результате мониторинга [15].

Программа ООН (Организации Объединенных Наций) по окружающей среде нацелена на создание цифровой базы данных по рельефу и почвам. Для таких небольших стран, как Ливан, данные с низким разрешением не могут быть полезны для исследований. Поэтому, Doumit Jean в своей работе *Lebanese soil and terrain unites delineation based on digital elevation models*

исследовал применение классов местности, соответствующих географии ливанской территории. В ходе исследования были объединены четыре параметра: гипсометрия, уклон, интенсивность рельефа и плотность потока. Несколько методов ГИС были использованы для перевода концепции отображения SOTER. Четыре параметра были объединены и векторизованы, чтобы добиться разметки карты объекта с точностью 90 м [16].

Trautner A. и Van Den Akker в своей работе *A subsoil compaction database: its development, structure and content* предлагают вести наблюдение за уплотнением почвенных недр, влиянием этого процесса на урожайность и окружающую среду. Накопленные результаты экспериментов будут получены от участников ЕС (Европейского Союза), стоит также отметить совместимость предлагаемой БД с Европейской базой данных и другими существующими БД. Целью формирующейся БД является сбор данных по уплотнению недр, для их хранения данных в структурированном формате и организация их доступности для анализа и использования. Такой подход позволит выяснить влияние уплотнения грунта на свойства почвы, урожайность и окружающую среду, также оценить уязвимость почв к уплотнению [17].

Frantisek N. и Daniel K. в своей работе *Proposal of database structure for foundation soil for civil engineering purposes*, предлагают внести в существующие базы данных характеристики почв, которые будут полезны для фундаментостроения. Предлагается размещать базовые характеристики различных грунтов фундамента, для облегчения его предварительной оценки. Предполагается, что в будущем в БД могут быть включены данные неустойчивости склонов, геологическая информация местности, исследование скважин и другие. На основе таких параметров можно будет судить о пригодности местности для проектирования фундаментостроения [18].

Nicolas M. и Osvaldo V. В своей работе *Soil data for mapping paludification in black spruce forests of eastern Canada* выделяют проблему

прогнозирования процесса образования торфа. В северных бореальных экосистемах процесс образования торфа уменьшает регенерацию деревьев и роста лесов. Принимая во внимание это негативное влияние на продуктивность лесов, пространственное прогнозирование заболачивания в древостоях черной ели имеет важное значение в управлении лесами. В своей статье авторы дают описание почвенной базы данных, созданной для прогнозирования толщины органического слоя (OLT). В ходе исследования в БД было внесено 13 994 измерений OLT и GPS-координаты. Весь набор данных был использован для выполнения картирования OLT и прогнозирования риска заболачивания в северо-восточной Канаде. До этого исследования выборки использовались для постоянно заболоченных ландшафтов [19].

На сегодняшний день остро стоит проблема загрязнения почв. Почвы нуждаются в постоянном мониторинге их состояния. В современных базах данных представлены лишь агрохимические показатели почвенных образцов. Агрохимические показатели представляют собой неотъемлемую часть при описании почв и дают количественную оценку, но в свою очередь они являются быстро меняющимися показателями во времени и не показывают картину состояния почв в целом. Появляется необходимость в интегральных показателях оценки загрязнения почв. Такие результаты нам может предоставить биотестирование. Биотестирование позволяет получить качественную оценку загрязнения почв, другими словами, дает понять, токсична ли исследуемая почва для использования в сельском хозяйстве, а также экспресс оценки техногенных загрязнений.

1.3 Методы биотестирования почв

Почва выполняет средообразующие функции, выступает регулятором газового состава атмосферы Земли. Она является поглотительным барьером

выбросов в окружающую среду, но в то же время она превращается в «депо» токсичных соединений.

Почва является незаменимым природным ресурсом и в настоящее время, она подвергается интенсивному загрязнению и деградации. Возникает необходимость в постоянном мониторинге состояния почв. На сегодняшний день существует огромное количество разработанных методов для оценки качества почв начиная с химических методов, заканчивая биологическими тестированиями. Большое внимание уделяется биотестам, с помощью которых становится возможным выявление степени загрязнения и токсичности почв на живых организмах.

Авторами этой статьи были рассмотрены фитотоксические свойства почвогрунта. Главными критериями такого тестирования были: всхожесть семян, длина зародышевого корешка, длина побега кресс-салата *Lepidium sativum* L. В ходе работы Иванова И. С. и Боброва О. Б. установили, что почвы, отобранные по удалению от источника загрязнения, подвержены среднему и сильному загрязнению. Обнаружена корреляционная связь показателей биотестирования кресс-салата от суммарного показателя загрязнения почвогрунта [20].

Фитоиндикация позволяет оценить биологические последствия антропогенного изменения среды. К такому выводу пришла автор следующей статьи. В своей работе Попова Е. И. использовала такой прием оценки качества почв, как фитоиндикация. Фитотоксичность почв оценивалась методом проростков, этот метод широко используется в качестве экспресс диагностики загрязнения почв. Содержание в почве загрязняющих веществ оказывает прямое воздействие на морфологические признаки исследуемых растений *R. major* L. и *R. media* L. Почвы всех участков исследования незначительно подавляли рост объектов наблюдения, что свидетельствует о незначительном антропогенном воздействии [21].

Авторы статьи «Insecticide Residues in Soil, Water, and Eggplant Fruits and Farmers' Health Effects Due to Exposure to Pesticides» Jinky Leilanie и Del

Prado-Lum (2015) решили не просто провести мониторинг инсектицидов, обнаруженных в плодах почвы, воды и баклажанов, но и посмотреть их влияние на организм местных фермеров. В результате было выяснено, что фермеры и сельскохозяйственные рабочие испытывают зуд кожи (63,8%), покраснение глаз (29,3%), мышечные боли (27,6%) и головные боли (27,6%), связанные с воздействующими на них пестицидами [22].

На сегодняшний день успешно применяются биотесты на прорастание семян для установления токсикологической оценки почв. Автор этой статьи, Звягина А. С., использовала метод, определяющий наличие в почве загрязняющие вещества. Метод, основанный на тест-культуре позволил выявить токсичное действие веществ. В ходе исследования регистрировалась всхожесть, прорастание, длина надземной части растений и его корневой системы. По результатам работы автор пришла к выводу, что кресс-салат позволяет определять наличие гербицидов в почве [23].

Деградация тундровых почв натолкнула Галиулина Р. В. и Башкина В. Н. на исследование, в котором определялась степень эффективности рекультивации посредством торфа. В течение всего периода наблюдения добавление торфа существенно повышало активность дегидрогеназы деградированной почвы без растительности и особенно почвы с растительностью, соответственно, на 11–23 % и 29–52 %. При поступлении в почвы торфа наблюдалась реакция дегидрогеназы, это выражалось в интенсификации реакции дегидрирования. В своей работе авторы подтвердили высокую эффективность рекультивации деградированных почв посредством торфа [24].

В своей работе авторы Скипин Л. Н. и Храмцов Н. В. проводили модельные исследования по определению устойчивых штаммов клубеньковых бактерий. Устойчивые штаммы осуществляют процесс инокуляции бобовых семян, которые используются для рекультивации грунтов, почв и буровых шламов. В ходе исследования было выявлено, что

наибольшей солеустойчивостью обладают такие представители семейства бобовых, как люцерна и донник [25].

Авторами этой работы рассмотрены вопросы оценки загрязнения почв с использованием биотестирования основанного на инфузориях. Баранов А. П. и Лунев М. И. пришли к выводу, что существующий метод оценки токсичности почв, основанный на биотестировании водной вытяжки экстракта с использованием инфузорий, имеет ограничения. Необходимо использовать биотестирования контактного и элюатного типов. Взаимодействие этих методов позволит определять объективную оценку загрязнения почвы различными токсикантами (пестициды, нефтепродукты, тяжелые металлы) [26].

Целью исследования Мукановой А. К. и Гариповой Р. Ф. явилось выявление нормы реакции сорго на обработку препаратом Ризоагрин при проращивании на фоне почв с различными способами обработки и предшественниками. Новый метод биотестирования, который предназначен для прогнозирования потенциальной эффективности и экологической безопасности применения препаратов в агротехнологиях. В качестве нового чувствительного теста для биотестирования использовались проростки сорго. В ходе исследования удалось выявить, что растения сорго не проявляют специфическую реакцию на подготовку почвы и характер предшественников. Предполагается, что на эффективность препарата Ризоагрин могли повлиять остаточные концентрации пестицидов, техногенные токсиканты и другие факторы [27].

1.4 Принципы биолюминесцентного анализа

В настоящее время для анализа токсичности широко применяют биотестирование. Среди существующих биотестов особое место занимают морские светящиеся бактерии, которые сочетают в себе преимущества

биотеста и инструментальных способов регистрации аналитического сигнала. В этом биотесте токсичность определяется по изменению интенсивности биолюминесценции, которая является количественным показателем жизнедеятельности бактериальной клетки и дает возможность оценить интегральное влияние среды на живой организм[28].

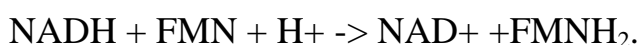
Биолюминесценция – это биологическая способность живых клеток испускать свечение. Название происходит от греческого слова «биос», что означает жизнь, и латинского «люмен» - свет. Живые организмы излучают свечение самостоятельно или в симбиотических ассоциациях [29].

Основным принципом методов анализа на основе бактериальной люциферазы является обнаружение токсических свойств в тестируемых веществах и смесях по их влиянию на биолюминесцентные ферментативные реакции [30].

Биферментная система светящихся бактерий, применяемая *in vitro*, состоит из двух ферментов: люциферазы и NADH:FMN-оксидоредуктазы. Люцифераза катализирует реакцию окисления длинноцепочечных алифатических альдегидов при участии восстановленного флаavinмоноклеотида, одним из продуктов реакции является излучение света в сине-зеленой области спектра:



Время требуемое для одного каталитического цикла люциферазы, намного больше, чем время жизни субстрата FMNH₂, который автокаталитически окисляется кислородом менее чем за 1 с. NADH:FMN-оксидоредуктаза катализирует реакцию



В присутствии оксидоредуктазы число оборотов люциферазы

увеличивается, что позволяет наблюдать длительно свечение [31].

В своей работе Байгина Е.М., Римацкая Н.В., Степанов Л.В. и Кратасюк В.А. попытались обосновать возможность применения биолюминесцентной ферментативной тест-системы NADH:FMN-оксидоредуктазы и люциферазы для анализа загрязнения почв. В своем исследовании они использовали модельные образцы почв, характерные для территории Красноярского края. Они использовали разные типы почв с разным гранулометрическим составом. Авторы работы выявили, что абсорбционные и кислотно-щелочные свойства водных вытяжек из почв не влияют на чувствительность, использованной ими, биолюминесцентной ферментативной тест-системы NADH:FMN-оксидоредуктазы и люциферазы. Также было зафиксировано ингибирование интенсивности остаточного свечения сильно гумусированным тяжелосуглинистым черноземом, слабо гумусированной песчаной и среднесуглинистой модельной почвой природного происхождения дерново-подзолистого типа [32].

Целью исследования Сутормина О.С., Байгиной Е.М. и Немцевой Е.В. было определение возможности использования ферментных систем разной сложности в качестве биотестов для оценки загрязнения почв. Поэтому, в своей работе авторы определяли чувствительность моно-, би- и триферментной систем к различным видам загрязнителей почв (пестициды, ионы меди). Они пришли к выводу, что повышение сложности системы (от моно- до триферментной) увеличивает чувствительность биотеста. Было определено, что влияние экстрактов незагрязненных почв разных типов на ферментные системы также различается, что создает возможность конструирования специализированных ферментативных биотестов [33].

В связи с авторскими правами были изъяты реферат, материалы и методы, результаты и выводы (стр 24-52) следующие страницы с 24 по 52, приложения стр 58-64.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 27593-88. Почвы. Термины и определения. // Москва "Стандартинформ". – 2006.
2. Маладаев А.А., Меркушева М.Г., Абашеева Н.Е. Краткий почвенно-агрохимический словарь терминов и определений / А.А. Маладаев, М.Г. Меркушева, Н.Е. Абашеева // Улан-Удэ: Изд-во БГСХА им. В. Р. Филиппова. - 2010.– С.100.
3. Апарин Б.Ф. Почвоведение : учебник для образоват. учреждений сред.проф. образования / Б.Ф. Апарин // — М. : Издательский центр «Академия». - 2012. — С.256.
4. Кауричев И. С., Панов Н. Г., Розов П. Н. и др. Почвоведение/ [ред.] Кауричева И.С.—4-е изд, перераб. и доп—М: Агропромиздат. – 1989. — С.719.
5. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Почвоведение: учебник для вузов / В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников // — М.: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ». - 2004. – С.496
6. Александрова Л.Н., Гречин И.П. Почвоведение / Л.Н. Александрова, И.П. Гречин // М.: Издательство "Колос". - 1969. – С.543.
7. Ковриго В. П., Кауричев И. С., Бурлаков Л. М. Почвоведение с основами геологии/[ред.] В.П. Ковриго — М.: Колос. - 2000. — С.416.
8. Белицина Г. Д., Васильевна В. Д., Гришина Л. А. [и др]. Почвоведение в 2-х частях / [ред.] Ковды В.А., Розанова Б.Г.// Часть 1. Почва и повообразование – М.: Высшая Школа. -1988. - С.400.
9. Клебанович Н. В. Гидрофизика почв : учеб.материалы по дисциплине «Биофизика почв» для студентов спец. 1-01 02 01 «География» / Н. В. Клебанович. – Минск : БГУ, 2016. – 41 с.
10. Безуглова, О.С. Классификация почв / О.С. Безуглова // Ростов-на-дону: Изд-во Южного федерального университета. – 2009. - С.128.

11. Самофалова, И.А. Современные проблемы классификации почв: учебное пособие. / И.А. Самофалова // М-во с.-х. РФ, ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА. – Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА. – 2012. – С.175.
12. Вальков, В.Ф. Достоинства и недостатки новой классификации почв России / В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников // Почвоведение. – 2006. - № 5. – С.621-626.
13. Шоба С.А., Алябина И.О., Иванов А. В. и др. К вопросу создания единой базы данных почвенных ресурсов России, Украины и Беларуси / Почвоведение и агрохимия. – 2012. - №1 (48). - С.18-23.
14. Рожков В.А., Алябина И.О. Почвенно-географическая база данных России / Генезис и география почв. – 2010. - №1. – С.3-6.
15. Жуланова В.Н., Александрова С.В., Чупрова В.В. Создание информационной базы данных агроэкологического мониторинга реперных участков Тувы (методический подход) / Вестник КрасГау: Экология. – 2012. - №5. – С.228-232.
16. Doumit Jean A. Lebanese soil and terrain unites delineation based on digital elevation models // ИНТЕРКАРТО/ИНТЕРГИС.– 2015. – Т.21. – С.112-118.
17. Trautner A., Van Den Akker. A subsoil compaction database: its development, structure and content / Trautner A., Van Den Akker, Fleige H., Arvidsson J., Horn R // Soil & Tillage Research, Elsevier Science Publishing Company, Inc. – 2003. – Т.73. - №1-2. – P.9-13.
18. Frantisek N., Daniel K. Proposal of database structure for foundation soil for civil engineering purposes / Frantisek N., Daniel K., Jiri M., Petr H., Victorie W. // Procedia Engineering. – 2016. – V.161. – P.422-427.
19. Nicolas M., Osvaldo V. Soil data for mapping paludification in black spruce forests of eastern Canada / Nicolas M., Osvaldo V., Ahmed L., Nicole F., Luc G., Eves B., Andre B., Sonia L., Mohammed H. // Data in Brief. – 2018. – V.21. – P.2616-2621.

20. Иванова И.С., Боброва О.Б. Биотестирование загрязнения почв на основе прорастания семян кресс-салата / И.С. Иванова, О.Б. Боброва // Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика. – 2015. – Т 1. - С.160-164.
21. Попова Е.И. Определение фитотоксичности почв города Тобольска методом биотестирования / Е.И. Попова // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 4, - С.216.
22. Jink L. Insecticide Residues in Soil, Water, and Eggplant Fruits and Farmers' Health Effects Due to Exposure to Pesticides / L. Jink // Environmental Health and Preventive Medicine. - 2015г. - №20. – С.53-62.
23. Звягина А.С. Биологическое тестирование почвы на остаточное количество гербицидов с помощью высших растений / А.С. Звягина // Наука Кубани. – 2015. – № 1, - С.19-25.
24. Галиулин Р.В., Башкин В.Н. Рекультивация деградированных тундровых почв: биохимическое тестирование эффективности на гидрофизической основе / Р.В. Галиулин, В.Н. Башкин // Вода: химия и экология. – 2013. – № 5 (59), - С.100-104.
25. Скипин Л.Н., Храмцов Н.В. Подбор штаммов клубеньковых бактерий для рекультивации засоленных почв, грунтов и буровых шламов / Л.Н. Скипин, Н.В. Храмцов // Аграрный вестник Урала. – 2014. – № 7 (125). - С.81-83.
26. Баранов А.П., Лунев М.И. Биотестирование загрязненной тяжелыми металлами почвы с использованием инфузорий / А.П. Баранов, М.И. Лунев // Агрехимический вестник. – 2016. – № 6. - С.36-39.
27. Муканова А.К., Гарипова Р.Ф. Биотестирование почв, подвергшихся различным технологиям обработки и обогащению азотфиксирующими бактериями / А.К. Муканова, Р.Ф. Гарипова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. - № 6 (68). - С.194-198.

28. Абдураманова Э.Р., Федотова А.А., Кацев А.М. Количественное определение ионов цинка и меди методом биолюминесцентного анализа / Э.Р. Абдураманова, А.А. Федотова, А.М. Кацев // Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. Серия: биология, химия. – 2010. – Т.23. - № 2 (62). - С.218-224.
29. Шварсалон Н.А., Хайтович А.Б. Изучение проявления биолюминесценции у *VibrioCholeraeNon O1* / Н.А. Шварсалон, А.Б. Хайтович // Крымский журнал экспериментальной медицины. – 2012. - № 1-2 (5-6). - С. 144-148.
30. Elena Esimbekova, Valentina Kratasyuk, Osamu Shimomura. Application of Enzyme Bioluminescence in Ecology / E. Esimbekova, V. Kratasyuk, O. Shimomura // Bioluminescence: Fundamentals and Applications in Biotechnology. – 2014. - Volume 1. - P.67-109.
31. Безруких А. Е., Есимбекова Е. Н., Кратасюк В. А. Температурная инактивация биферментной системы светящихся бактерий NADH:FMN - Оксидоредуктаза - Люцифераза в желатине / А.Е. Безруких, Е.Н. Есимбекова, В.А. Кратасюк // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: биология. – 2011. – Т.4. - №1. - С. 64-67.
32. [Электронный ресурс] Байгина Е. М., Римацкая Н. В., Степанова Л. В., Кратасюк В. А. Анализ возможности применения биолюминесцентных ферментативных биотестов для оценки загрязнения почв (на примере почв г. Красноярск) / Е.М. Байгина, Н.В. Римацкая, Л.В. Степанова, В.А. Кратасюк // журнал «Известия Иркутского государственного университета». - 2017г. - Т.21. – С.21-23. Режим доступа:http://izvestia_bio.isu.ru/ru/index.html
33. Сутормин О.С., Колосова Е.М., Немцева Е.В. Ферментативное биотестирование почв: сравнение чувствительности к токсикантам моно-, би- и триферментной систем / Сутормин О.С., Колосова Е.М., Немцева Е.В., Искорнева О.В, Лисица А.Е., Матвиенко В.С., Есимбекова Е.Н., Кратасюк В.А. // Цитология. – 2018. – Т.60. - №10. – С.826-829.

34. ГОСТ 26204-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200023447>.

35. ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО/[Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200023490>.

36. ГОСТ 26951-86 Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом/[Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200023499>.

37. ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества/[Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200023481>.

38. Коробко А.В., Коробко А.А. Информационное моделирование пространственно-временных данных экологического мониторинга красноярского водохранилища / А.В. Коробко, А.А. Коробко // Институт вычислительного моделирования СО РАН, Красноярск. – 2018. – С. 319-323.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт фундаментальной биологии и биотехнологии
Кафедра биофизики

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 В.А. Кратасюк

«20» июни 2019 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

06.03.01 – Биология

06.03.01.07 – Биофизика

Классификация эталонных и природных образцов почв в электронной базе
данных

Руководитель


Подпись, дата

Младший научный
сотрудник

Н. В., Римацкая
Инициалы, фамилия

Выпускник


Подпись, дата

Т. А., Быкова
Инициалы, фамилия

Красноярск 2019