Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Институт «Архитектурно-строительный»
Кафедра «Градостроительство, инженерные сети и системы»

ВКР МАГИСТРА
ПРОВЕРЕНА
Рецензент
_____
_____
_____ 2019 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
Д.В. Ульрих
_____
_____ 2019 г.

Изучение уровня загрязнения грунта водоохранных зон реки Миасс в местах экстремального антропогенного воздействия промышленных предприятий.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ МАГИСТРА
ЮУрГУ–08.04.01.2019.305-04.227 ПЗ ВКР

Руководитель ВКР
магистра
Денисов С.Е.
_____
_____ 2019 г.

Автор проекта
студент группы АС-227
Блохин В.Д.
_____
_____ 2019 г.

Нормоконтролер
Е.В. Николаенко
_____
_____ 2019 г.

Челябинск
2019

РЕФЕРАТ

Блохин В.Д. Выпускная квалификационная научно-исследовательская работа «Изучение уровня загрязнения грунта водоохранных зон реки Миасс в местах экстремального антропогенного воздействия промышленных предприятий» – Челябинск: ЮУрГУ, АС-227, 2019. – 68 с. – библ. 14 назв.

Водоохранные зоны, река Миасс, загрязнение грунта, экологическое состояние, тяжелые металлы, кадмий, свинец, цинк, медь, методы борьбы с загрязнениями, промышленные предприятия, сточные воды, вольтамперометрический анализ.

Целью выпускной квалификационной научно-исследовательской работы является изучение уровня загрязнений почв тяжелыми металлами водоохранных зон реки Миасс в местах экстремального антропогенного воздействия промышленных предприятий.

В первом разделе пояснительной записки приведены описание экологического состояния реки Миасс и ее притоков, а так же прибрежных зон, приведена основная информация о промышленных предприятиях воздействующих на экогологическую обстановку.

Во втором разделе пояснительной записки приведены методы исследования уровня загрезнений грунтов водоохранных зон реки Миасс, приведены методика отбора образцов почвы, методика выявления концентраций тяжелых металлов с помощью вольтамперометрического анализатора, анализ и обработка полученных данных и методы борьбы с загрязнениями почвы тяжелыми металлами.

Оглавление

Введение_____9

1. Литературный обзор на тему «Оценка экологического состояния реки Миасс»_____10

1.1 Общие сведения _____10

1.2 Качество воды в реке Миасс_____11

1.3 Загрязнение реки сточными водами в районе города Миасс_____13

1.4 Экологическое состояние реки Сак-Элга _____15

1.5 Экологическое состояние Аргазинского водохранилища _____18

1.6 Экологическое состояние реки Миасс на входе в Шершневское водохранилище и на выходе _____20

1.7 Загрязнение реки Миасс сточными водами г.Челябинска. _____24

1.8 Водоохранные зоны _____30

2. Технологическая часть. Изучение уровня загрязнения грунта водоохранных зон реки Миасс _____32

2.1 Общие сведения о загрязнении почв _____32

2.2 Отбор проб почв _____ 35

2.2.1Точки отбора проб почвы _____37

2.3 Подготовка проб к анализу _____38

2.3.1 Приготовление вытяжек почв _____38

2.3.2 Подготовка вытяжек к анализу _____40

2.4 Выполнение измерений_____41

2.4.1 Измерительное оборудование _____41

2.4.2 Выполнение измерений массовых концентраций цинка, кадмия, свинца и меди _____42

2.4.2.1. Отмывка электрохимических ячеек_____42

2.4.2.2. Проверка стаканчиков, фонового раствора и электродов на

чистоту 43
2.4.2.3. Проверка работы электродов методом «введено-найдено» 43
2.5 Анализ подготовленной пробы 44
2.5.1 Отдельное определение Cd, отдельное определение РЬ и Си и отдельное определение Zn из одного раствора 47
2.6 Обработка результатов измерений 49
2.7 Результаты измерений 53
2.7.1 Содержание цинка 53
2.7.2 Содержание свинца и кадмия 58
2.7.3 Содержание меди 64
2.5 Методы борьбы с загрязнением почв тяжелыми металлами 70
Заключение 74
Библиографический список 75

ВВЕДЕНИЕ

Состояние окружающей природной среды является одной из наиболее острых социально-экономических проблем, прямо или косвенно затрагивающих интересы каждого человека. Экологические проблемы по своим масштабам и значению относят к ряду глобальных проблем современности, которые не имеют государственных границ. Использование человеком химических веществ в хозяйственной деятельности и вовлечение их в цикл антропогенных превращений в окружающей среде постоянно растет. В результате наступает полный разлад природы и цивилизации, который сложно преодолеть. Одной из основных проблем, вызванных антропоморфными факторами, является загрязнение почвы и воды.

Актуальность работы. Техногенное загрязнение окружающей среды, оказывающее негативное влияние на качественные показатели источников водоснабжения приобретает глобальный характер и ставит человечество на грань экологической катастрофы.

Накопление тяжелых металлов в почве - это не только увеличение их содержания, но и нарастание экологически опасных последствий, создающих угрозу здоровью человека.

Наиболее остро проблемы, связанные с поступлением тяжелых металлов (ТМ) в почвы, стоят в регионах с большой степенью концентрации производства и населения, в том числе и на Южном Урале.

Цель и задачи исследований. Цель работы - выявить и оценить загрязнение тяжелыми металлами водоохранных зон реки Миасс, основной водной артерии города Челябинска. Установить зависимости содержания тяжелых металлов от их свойств и предложить экологически обоснованные способы инактивации тяжелых металлов.

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР НА ТЕМУ «ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ МИАСС»

1.1 Общие сведения

Миасс – одна из важнейших рек Челябинской области и главная река Челябинска, самый крупный приток реки Исеть. Длина реки Миасс составляет 658 км, превышая длину самой Исети (606 км). Протяженность реки на территории Челябинской области - 384 км (самая длинная в области).

Река Миасс берет начало на восточном склоне хребта Нурали в Учалинском районе Республики Башкортостан, на высоте около 600 м. Впадает в Исеть в 20 км севернее поселка Каргаполье в Курганской области (в 218 км от ее устья). Падение высоты от истока до устья – 508 м.

Основным источником питания реки является снежный покров, на долю которого приходится около 90% годового стока. В Миасс впадают 27 относительно крупных притоков с длиной более 10 км, их общая протяженность 749 км. Наиболее крупные притоки: Зюзелка (длина 65 км), Бишкиль (51 км), Большой Киалим (46 км), Биргильда (36 км), Атлян (31 км), Верхний Иремель (29 км), Куштумга (25 км). Общая площадь водосбора – 19100 км2. Средний расход воды около устья 16,2 м³/с.

Количество и состав рыбы в реке отличается в зависимости от местонахождения. В реке Миасс встречается плотва, уклейка, лещ, щука, окунь, ерш, карась, елец, линь, налим. [1]

Берега Миасса и характер реки серьезно отличаются на всей протяженности реки. В верхнем течении рельеф окрестностей гористый, в среднем – холмистый, в нижнем - равнинный. Древесная растительность в верховьях реки представлена преимущественно сосной с примесью лиственницы, в среднем течении (ниже Аргазинского водохранилища) – березой, осиной (лесостепная зона). Глубина

реки изменяется от 20 см на перекатах до 7 м на плесах, скорость течения — от 2 до 0,1 м/с

Начиная от истоков река Миасс регулируется плотинами, которые перемежаются с раскопанными драгой котлованами и небольшими озерами. Первое серьезное водохранилище — Миасский пруд. Далее река Миасс течет через город на север, вдоль Ильменского хребта, где на его северной оконечности на реке устроено еще одно водохранилище — Аргазинское. Это самое большой водохранилище на реке Миасс и самый большой водоем на Южном Урале, служащий резервным источником водоснабжения города Челябинска.

Следующее водохранилище на реке Миасс — Шершневское. Находится оно уже в черте города Челябинска, там, где река Миасс только втекает в городскую черту. Шершневское водохранилище используется для водоснабжения города.

На пойму реки Миасс оказывается довольно сильное антропогенное воздействие, поскольку местность вокруг реки довольно плотно заселена. [2]

Мутность воды в половодье достигает 200 г/м3. Минерализация воды составляет 522−573 мг/л. По химическому составу вода реки относится к гидрокарбонатному классу и кальциевой группе, а ниже Челябинска – к сульфатному классу. В воде повышено природное содержание ионов металлов. Сброс сточных вод приводит к увеличению содержания в реке нефтяных углеводородов, солей меди, цинка, марганца, фосфатов, железа, аммонийного азота, органических соединений, фенолов, формальдегида.

1.2 Качество воды в реке Миасс

Для оценки качества воды в реках и водоёмах их разделяют по загрязнённости на несколько классов. Классы основаны на интервалах удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (далее именуется также – УКИЗВ) в зависимости от количества критических показателей загрязнённости. УКИЗВ - это относительный комплексный показатель степени загрязненности поверхностных вод, условно оценивающий в виде безразмерного числа долю загрязняющего эффекта,

вносимого в общую степень загрязненности воды, обусловленную одновременным присутствием ряда загрязняющих веществ. Значение УКИЗВ определяется по частоте и кратности превышения ПДК по нескольким показателям и может варьировать в водах различной степени загрязненности от 1 до 16 (для чистой воды 0). Большему значению индекса соответствует худшее качество воды [3]

Таблица 1 - Оценка качества воды в реке Миасс на территории Челябинской области за 2015-2016 годы

Район				2016
р. Миасс, выше г. Миасс	3,54	3Б очень загрязненная	3,29	3Б очень загрязненная
р. Миасс, ниже г. Миасс	4,19	4А грязная	4,58	4А грязная
р. Миасс, выше г. Челябинск	3,08	3Б очень загрязненная	3,21	3Б очень загрязненная
р. Миасс, д Новое Поле	6,55	4Г очень грязная	6,22	4Б грязная
р. Миасс, д. Сычево	5,62	4Б грязная	5,45	4А грязная
Аргазинское водохранилище, г. Карабаш	5,09	4Б грязная	4,86	4Б грязная
Аргазинское водохранилище, д. Байрамгулова	2,51	3А загрязненная	3,04	3Б очень загрязненная
Шершневское водохранилище, г. Челябинск	3,17	3Б очень загрязненная	3,25	3Б очень загрязненная

1.3 Загрязнение реки сточными водами в районе города Миасс

Ещё до Челябинска река Миасс испытывает сильнейшее антропогенное воздействие и на входе в город относится к классу «очень загрязнённая».

Причина в том, что протекая по территории Челябинской области, река Миасс принимает на себя промышленные и хозяйственно-бытовые стоки одноимённого города Миасс, а недалеко от Аргазинского водохранилища в реку впадает река Сак-Элга, которая несёт загрязнённые стоки с города Карабаш.

В районе г.Миасса на качество воды реки оказывают отрицательное воздействие промышленные и хозяйственно бытовые сточные воды предприятий города: ОАО «УралАЗ-Энерго», ОАО «Тургоякское рудоуправление», ФГУП «Миасский машиностроительный завод», ОАО «НПО Электромеханика», ООО «Завод КПД», ОАО «Миасский комплекс водоснабжения». В состав сточных вод входят взвешенные вещества, нефтепродукты, минеральные соли, биогенные и органические соединения, металлы, фтор. В результате сброса в реку неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод в воде повышается уровень содержания вредных химических веществ.

Рисунок 1.1 – Каскад водохранилищ на реке Миасс

В 2016 году в верховье реки, в створе выше г. Миасса, в январе выявлено высокое загрязнение воды марганцем – 49,3 ПДК, а в марте – экстремально высокое загрязнение – 58 ПДК.

В 2016 году среднегодовые концентрации сульфатов, хлоридов, азот- и фосфорных соединений, никеля, железа общего, фторидов, мышьяка, СПАВ, органических соединений по БПК5 и нефтепродуктов не превысили уровень ПДК. Фенолы, сероводород и сульфиды в воде не обнаружены.

Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ соответствовали уровню 2015 года:

- меди – 2,2 ПДК,
- цинка – 2,9 ПДК,
- органических веществ по ХПК – 2,1 ПДК,
- марганца – снизилась в 1,3 раза – до 15,8 ПДК.

В 2016 году качество воды р. Миасс выше г. Миасса по значению УКИЗВ – 3,29 относилось к 3 классу, разряду «Б», вода «загрязненная» (таблица 1).

В створе ниже г. Миасса – в районе д. Новотагилка в 2016 году среднегодовые концентрации хлоридов, сульфатов, азота нитратов, никеля, мышьяка, СПАВ, фторидов, нефтепродуктов не превысили уровень ПДК, фенолы, сероводород и сульфиды не обнаружены.

- Среднее содержание железа общего – 1,2 ПДК,
- цинка – 3,1 ПДК,
- меди – 2,5 ПДК,
- марганца – 8 ПДК,
- органических веществ по ХПК – 2,6 ПДК и по БПК5 – 1,1 ПДК,
- азота нитритов – 3,7 ПДК

По значению УКИЗВ, равному 4,58, качество р. Миасс ниже г. Миасса в 2016 году соответствовало 4 классу, разряду «А», вода «грязная»

1.4 Экологическое состояние реки Сак-Элга

Ниже по течению р.Миасс в районе г.Карабаша перед Аргазинским водохранилищем в реку впадает р.Сак-Элга, являющаяся проводником загрязняющих веществ.

Река Сак-Элга перед впадением в р.Миасс представляет собой коллектор загрязненных сточных вод промышленных предприятий г.Карабаша. Источниками загрязнения реки являются:

- кислые водоемы, образованные на месте отработанной шахты «Южная»,

- Рыжий ручей, собирающий ливневые стоки с производственной площади ЗАО «Карабашмедь» и горы Золотой,
- пиритные отложения в речной пойме, образованные в результате сброса «хвостовой» пульпы медеплавильным комбинатом.
- дренаж шламонакопителей
- хозбытовые сточные воды г.Карабаша.
- Загрязнению реки способствует и местный ландшафт: ложе Соймоновской долины, где расположен город, имеет уклон в сторону долины р.Сак-Элги.
- р. Серебрянка – перенос загрязняющих веществ из Карабашского пруда, использовавшегося в схеме оборотного водоснабжения комбината

Загрязнение р.Сак-Элги происходит через дренаж со шламонакопителя, расположенного на правом берегу реки на 1 км ниже впадения Рыжего ручья. В паводковый период сток р.Сак-Элги формируется на 50% из грунтовых вод.

Поэтому весной во время снеготаяния и летом в период дождей в реку попадают загрязняющие вещества из грунтовых вод.

Рисунок 1.2 – Река Сак-Элга

Местный ландшафт тоже способствует загрязнению: ложе Соймановской долины, на которой расположен г.Карабаш, имеет уклон в сторону долины р.Сак-Элги. В настоящее время река полностью утратила рыбохозяйственное значение; Унылую картину дополняет «лунный» ландшафт с остатками пней погибших деревьев – результат сброса сульфидно-силикатных отходов - хвостов обогатительной фабрики в первое двадцатилетие функционирования (с 1933 года) по пульпопроводу на рельеф местности. В результате этого пойма реки на всем протяжении от впадения Рыжего ручья до устья загрязнена пиритными отложениями, ширина которых, в среднем, составляет 50-70 м, толщина – от 0,5 до 2 м. Эти грунты образовали в устьевой части мертвый массив площадью 100 га.

В 2016 году содержание в воде цинка ежемесячно, кроме января и октября, определялось на уровне высокого загрязнения: с 14,6 до 27,2 ПДК с максимумом в марте; в феврале (32,3 ПДК) и марте (43 ПДК) выявлено высокое загрязнение марганцем, а в ноябре – экстремально высокое загрязнение – 77,5 ПДК. В марте и ноябре отмечено высокое загрязнение воды медью – 33 ПДК и 36 ПДК соответственно. В феврале (37,3 ПДК) и апреле (32,8 ПДК) выявлено высокое загрязнение марганцем.

Рисунок 1.3 – Сброс стоков в реку Сак-Элга, выезд из г. Карабаш

Концентрации тяжелых металлов достигали пиковых значений преимущественно в летне-осеннюю межень, когда высокие температуры, низкое количество дождевых осадков способствовали уменьшению водности р.Сак-Элги и накоплению загрязняющих веществ, поступающих из различных слоев почвенно-грунтовой толщи водосбора

Под действием этих природных и техногенных факторов ежегодно в период с июля по сентябрь, как правило, в реке возрастала минерализация (максимальная – 1310 мг/л – в 2002 году) и наблюдалось снижение водородного показателя до значений 3,19–4,78 единиц pH, что свидетельствовало о закислении воды в летний период.

Кислородный режим реки в летне-осеннюю межень характеризовался как неудовлетворительный: фиксировался дефицит растворенного в воде кислорода – 0,96–3,3 мг/л (при норме не менее 6 мг/л в летний период).

В 2016 году среднегодовые концентрация

- цинка – 17,8 ПДК,
- меди – 20,7 ПДК,
- марганца – 26,0 ПДК,
- железа общего – 4,7 ПДК,

- органических соединений по ХПК – 2,3 ПДК, азота нитритов – 1,4 ПДК существенных изменений, по сравнению с 2015 годом, не претерпели.

Среднегодовые концентрации хлоридов, сульфатов, азота нитратов, органических веществ по БПК5, фосфатов, нефтепродуктов, фторидов и СПАВ не превысили уровень ПДК.

1.5 Экологическое состояние Аргазинского водохранилища

Река Сак-Элга оказывает негативное влияние на качество р.Миасс. Наиболее заметно это прослеживается на зарегулированном участке реки – Аргазинском водохранилище, расположенном в 5 км северо-восточнее г.Карабаша. В 2016 году по значению УКИЗВ – 4,86 – качество воды Аргазинского водохранилища в створе г. Карабаша, как и в прошлом году, относилось к 4 классу, разряду Б, вода «грязная»

- В марте 2010 в Аргазинском водохранилище (г. Карабаш) было выявлено высокое загрязнение воды ионами цинка – 12,3 ПДК и марганца – 38,4 ПДК.
- В 2011 выявлено высокое загрязнение воды ионами цинка – 13,4 ПДК и марганца – 30,6 ПДК.
- В 2012 – цинка 21 ПДК и марганца – 32,5 ПДК.
- В 2013 было отмечено высокое загрязнение воды ионами марганца – 39,5 ПДК.
- В 2014 и в 2015 в данном водном объекте не было выявлено ЗВ.
- В 2016 высокого уровня загрязнения достигали концентрации марганца – 43 ПДК, цинка – 27,2 ПДК и меди – 33,1 ПДК.
- А в 2017 в Аргазинском водохранилище экстремально высокого загрязнения достигали концентрации марганца – 83,8 ПДК и цинка – 120,6 ПДК и высокого загрязнения – меди – 43 ПДК.

Наблюдения за качеством воды Аргазинского водохранилища проводятся в двух створах: - в черте д.Байрамгулово, 0,3 км выше Аргазинского гидроузла; - 5,2 км к востоку от г.Карабаш, 18 км выше плотины.

Рисунок 1.4 – ПДК, створ в черте д.Байрамгулово, 0,3 км выше Аргазинского гидроузла

Рисунок 1.5 – ПДК, створ в 5,2 км к востоку от г.Карабаш, 18 км выше плотины

1.6 Экологическое состояние реки Миасс на входе в Шершневское водохранилище и на выходе

Для обеспечения промышленного и хозяйственно питьевого водоснабжения Челябинского промышленного узла на реке Миасс у пос.Шершни было построено и в 1968 г. введено в эксплуатацию Шершневское водохранилище. Шершнёвское водохранилище расположено на р. Миасс (360 км от устья) в черте г. Челябинска, в 150 км ниже створа Аргазинского гидроузла. Шершнёвское водохранилище работает в каскаде с Аргазинским водохранилищем.

Шершневское водохранилище является единственным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения г.Челябинска, городов-спутников (г.Копейск, г.Коркино, г.Еманжелинск) и Сосновского района, в связи с чем к качеству воды должны предъявляться особые требования.

Рисунок 1.6 – Плотина на Шершневском водохранилище

Качество воды в Шершнёвском водохранилище во многом зависит от объёма рабочих попусков и достаточности запасов воды в Аргазинском водохранилище. Негативную роль играет техногенная нагрузка, которую испытывает р. Миасс на вышерасположенном участке. Оказывают влияние сброс сточных вод очистных сооружений пос. Полетаево–1, поверхностный сток с прилегающих территорий, нарушения режима хозяйственной деятельности в водоохранной зоне.

Вдоль берегов имеются застойные участки с пониженным водообменом. Отмечается цветение воды.

Вместе с тем, водохранилище, являясь открытым водоемом, испытывает негативное воздействие воздушных выпадений, что является неизбежным в условиях развитого промышленного центра.

Прибрежная территория водохранилища интенсивно используется в качестве зон отдыха (городские пляжи, дачи, коллективные сады), несущих определенную антропогенную нагрузку на водоем. На качество воды Шершневского водохранилища негативное воздействие оказывает опосредованный сброс сточных вод (через ручей Серазак, впадающий в Шершневское водохранилище) предприятий ООО «Регионснабсбыт» и Челябинского завода железобетонных шпал – филиала ОАО «РЖД». Сточные воды имеют в своем составе биогенные и органические соединения (БПК), минеральные соли, нефтепродукты, взвешенные вещества, марганец.

По течению реки Миасс в Шершневском водохранилище кислородный режим был хороший: содержание растворенного в воде кислорода изменялось с 6,4 до 14,4 мг/дм3.

Среднегодовые концентрации хлоридов, сульфатов, азот- и фосфорсодержащих компонентов, железа общего, нефтепродуктов, фторидов и СПАВ, не превышали уровень ПДК, фенолы не обнаружены.

Качество воды водохранилища в 2016 г. по сравнению с 2015 не претерпело существенных изменений. Среднегодовые концентрации:

- меди – 2,5 ПДК,
- цинка – 3,3 ПДК,
- органических веществ по ХПК – 1,9 ПДК остались на уровне 2015 года,
- марганца – снизилась в 1,3 раза – до 3,6 ПДК.

Значению УКИЗВ, равному 3,25, в Шершневском водохранилище, соответствует 3 класс качества воды, разряд Б, вода «очень загрязненная» (таблица 1).

Ниже по течению р. Миасс, в створе 3,8 км выше г. Челябинска среднегодовые концентрации хлоридов, сульфатов, азот- и фосфорсодержащих соединений, железа общего, никеля, мышьяка, СПАВ и фторидов не превысили уровень ПДК, хром и фенолы не обнаружены.

В 2016 году среднее содержание

- ионов меди – 2,6 ПДК,
- цинка – 3,4 ПДК,
- органических веществ по ХПК – 2,1 ПДК, по БПК5 – 1,1 ПДК соответствовало уровню 2015 года,
- марганца – снизилось в 1,7 раза по сравнению с 2015 годом – до 5,9 ПДК,
- нефтепродуктов – возросло в 1,3 раза, достигнув 1,3 ПДК.

Рисунок 1.7 - Среднегодовые отклонения от ПДК в Шершневском водохранилище

По химическому составу вода Шершнёвского водохранилища относится к гидрокарбонатному классу, кальциевой группе. Минерализация изменяется в течение года от 290 до 336 мг/л, содержание растворенного в воде кислорода – от 68 до 119% насыщения.

В 2016 году качество воды р.Миасс в створе Шершневского гидроузла по значению УКИЗВ, равному 3,21, соответствовало 3-му классу, разряду Б, вода «очень загрязненная»

1.7 Загрязнение реки Миасс сточными водами г.Челябинска

Ниже г.Челябинска р.Миасс испытывает наибольшую техногенную нагрузку, так как является приемником промышленных и хозяйственно бытовых сточных вод свыше 20 предприятий и организаций города, лидерами среди которых являются МУП «Производственное объединение водоснабжения и водоотведения» (далее - МУП "ПОВВ"), сбрасывающего в реку порядка 160-170 млн.м³ в год и ОАО «Челябинский металлургический комбинат», сбрасывающий по трем выпускам: Першинскому, Каштакскому и Баландинскому порядка 30 млн.м³ недостаточно очищенных сточных вод ежегодно. Так же свой вклад вносит и ОАО "Челябинский цинковый завод". В состав сточных вод входят биогенные и органические соединения, металлы, синтетические поверхностно-активные вещества, фториды, цианиды, сероводород, всего – более 30 химических соединений. Значительный объем загрязненных сточных вод в реку Миасс сбрасывается через притоки - реки Челябку и Игуменку.

Перечень основных предприятий – источников загрязнений приведен в таблице 2.

Таблица 2 - Перечень предприятий – основных источников загрязнения водных объектов

Наименова-ние предприятия	**Объем сбросов загрязнен-ных сточных вод, всего, млн.м^3**	**Объем сбросов загрязнен-ных сточных вод без очистки, млн.м^3**	**Основные сбрасываемые загрязняющие вещества**	**Количество сбрасываемого загрязняющего вещества, тыс.т**
ОАО «Челябинский металлургичес кий комбинат»	26,226	0	Нитриты, цианиды, фтор, хром, цинк, хлориды, ни-кель, нитраты, нефтепродук-ты, азот аммонийный, сухой остаток, БПК$_{полн.}$, взвешенные вещества, железо	636,648
ОАО «Челябинский цинковый завод»	1,854	0	Нитриты, цинк, хлориды, натрий, азот аммонийный, сухой остаток, БПК$_{полн.}$, кальций, магний	4,631
Филиал ОАО «Фортум» ЧГРЭС	1,484	0	Хлориды, сухой остаток, кальций, железо, магний	0,61
Филиал ОАО «Фортум» ТЭЦ-1	3,262	2,993	Фториды, нефтепродукты, сухой остаток, взвешенные вещества	2,192
Филиал ОАО «Фортум» ТЭЦ-2	0,577	0	Фториды, хлориды, сухой остаток, взвешенные вещества	0,505
Филиал ОАО «Фортум» ТЭЦ-3	2,024	0,319	Хлориды, сухой остаток, взвешенные вещества, железо, нефтепродукты, фосфаты (по Р), медь	1,825

МУП «Производ-ственное объединение водоотведения и водоснабже-ния», г.Челябинск	144,855	0	Цинк, хлориды, нефтепродукты, нитраты, азот аммонийный, сухой остаток, БПКполн., фосфаты (по Р), взвешенные вещества, железо, СПАВ	90,700

Использование водных ресурсов ОАО «Челябинский металлургический комбинат» (ОАО «ЧМК»).

Источниками водоснабжения ОАО «Челябинский металлургический комбинат» являются:

- 6 скважин (Сугоякское месторождение подземных вод) – для хозяйственно-питьевых нужд;
- сети МУП «ПОВВ» г. Челябинска – для хозяйственно-питьевых и хозяйственно-бытовых нужд.
- пруд ЧГРЭС на р. Миасс – для производственного водоснабжениия предприятия. Пруд «ЧГРЭС» на р. Миасс используется для забора воды на производственные нужды предприятия.

Система промышленного водоснабжения предприятия оборотная, повторно используемая.

Источниками водоотведения ОАО «Челябинский металлургический комбинат» являются:

- сети МУП «ПОВВ» г. Челябинск – для сброса хозяйственно-бытовых сточных вод;

Сброс сточных вод в р. Миасс осуществляется через 3 выпуска (Першинский, Каштакский, Баландинский).

- Першинский выпуск формируется в основном промливневыми сточными водами.
- Каштакский выпуск формируется сточными водами от прокатных цехов

№ №1,3,4,5, химводоочистки № 2, термического цеха, нейтрализованными кислыми сточными водами после шламонакопителя кислотного хозяйства.

- Баландинский выпуск формируется сточными водами прокатного цеха №2, доменного цеха, аглофабрики, карты ГЗУ ТЭЦ, ЭСПЦ-6, ЭСПЦ-2, цеха смолодоломитовых огнеупоров, кислородно-конвекторного цеха, субабонентов.

Осадок не утилизируется.

МУП «Производственное Объединение Водоснабжения и Водоотведения» г.Челябинска. В поверхностные водные объекты сбрасывается 144858,25 тысяч $м^3$/сут.

Из них:

- нормативно чистые без очистки – нет;
- нормативно очищенные сточные воды – нет;
- загрязненные (недостаточно очищенные сточные воды):
- Шершневское водохранилище – 11762,55 тысяч $м^3$/год,
- река Миасс –130594,8тысяч $м^3$/год,
- озеро Новосинеглазово – 2497,9 тысяч $м^3$/год.

Рисунок 1.8 – Цветение реки Миасс, центр города

Так же в реку практически без всякого контроля сбрасываются ливневые стоки.

Проблема очистки ливневых вод на Южном Урале вообще считается одной из самых острых. В постперестроечные времена из-за раздела собственности и банкротства многих предприятий часть ливневой канализации осталась бесхозной. Городская инфраструктура до сих пор не имеет очистки ливнёвых вод, а значит дождь, талый снег – весь смыв с дорог стекает напрямую в реку. Таких неочищенных ливневых стоков в реку более сорока. А главное, эти сети бесхозные. В надзорном ведомстве сообщили, что в основном все сети ливневой

«канализации» (канализация предполагает очистку), находящиеся на территории Челябинска, никем не обслуживаются и на балансе не состоят.

Есть ещё так называемые незаконные водопользователи, которые используют ливнёвки для своих личных нужд. Речь идёт в том числе об автомойках. Формально все знают, что у них есть сбросы, но заняться ими и перевести в правовое поле муниципальные власти не торопятся.

Среди факторов антропогенного преобразования стока реки Миасс так же выделяются: урбанизация, добыча полезных ископаемых.

Комплексное влияние урбанизации на сток отмечается и для бассейна реки Миасс. Промышленные города и населенные пункты создают условия, в которых нарушается тепловой режим, происходит смена природных ландшафтов хозяйственными. В результате нарушаются процессы инфильтрации, испарения, увеличивается сток дождевых и талых вод.

Наряду с указанными факторами не менее актуальным является и разработка полезных ископаемых в бассейне реки. Горнодобывающая отрасль вносит в настоящее время наиболее значительный вклад в нарушение гидрологического и гидрохимического режима реки. Техногенная эрозия, охватившая горно-лесную часть бассейна, привела к почти полной деградации ландшафтов. Сильное преобразование геоморфологии водосбора (шлакоотвалы и хвостохранилища), сброс высокометаллизированных сточных вод, заиление русла в результате интенсивного стока наносов, - все это оказывает влияние на количественные и качественные характеристики стока.

В итоге в черте города река Миасс представляет собой отстойник сточных вод. А из-за характерных для реки маловодия и низкой проточности загрязняющие вещества оседают на дне и в почвах прибрежных зон.

Экологическая ситуация, сложившаяся в почвенных слоях, чаще всего зависит загрязняющих сбросов в водоёмы города. Суммарное количество загрязняющих сбросов и выбросов ежегодно составляет порядка 0,8 кг/м². Основные,

загрязняющие почву компоненты, представлены цинком, свинцом, кобальтом, кадмием, медью.

Рисунок 1.9 - Загрязнения воды р. Миасс в восьми контрольных створах ГНС

1.8 Водоохранные зоны

Водоохранными зонами являются территории, которые примыкают к береговой линии (границам водного объекта) морей, рек, ручьев, каналов, озер, водохранилищ и на которых устанавливается специальный режим осуществления хозяйственной и иной деятельности в целях предотвращения загрязнения, засорения, заиления указанных водных объектов и истощения их вод, а также сохранения среды обитания водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира. [4]

Ширина водоохранной зоны для таких рек как Миасс, Ай, Уй, и Урал составляет 200 м, а для большинства озер – 50 м. Размеры прибрежной защитной полосы для разных водоемов могут достигать 50 м.

Министерство экологии проводит работу по установке специальных информационных знаков по закреплению границ водоохранной зоны и прибрежной защитной полосы водных объектов на территории Челябинской области. В 2012-2016 гг. на реках Ай, Миасс, Аргазинском водохранилище, озёрах Еловое, Б. Кисегач, М. Теренкуль были установлены информационные знаки: водоохранная зона и прибрежная защитная полоса.

Независимо от того, установлен предупреждающий знак или нет, согласно Водному Кодексу РФ в пределах водоохранных зон запрещается:

Согласно Водному Кодексу в границах водоохранных зон запрещаются:

- использование сточных вод для удобрения почв;
- размещение кладбищ, скотомогильников, мест захоронения отходов производства и потребления, радиоактивных, химических, взрывчатых, токсичных, отравляющих и ядовитых веществ;

- осуществление авиационных мер по борьбе с вредителями и болезнями растений;
- движение и стоянка транспортных средств (кроме специальных транспортных средств), за исключением их движения по дорогам и стоянки на дорогах и в специально оборудованных местах, имеющих твердое покрытие.
- Кроме того, в границах первой полосы водоохранной зоны – прибрежной защитной полосы – дополнительно запрещаются: распашка земель, размещение отвалов размываемых грунтов, выпас сельскохозяйственных животных.

При этом ширина прибрежных защитных полос определяется в зависимости от уклона берегов. Однако твердая фиксация законодателем ширины означенных зон и полос оставляет мало возможностей для государственных органов власти по своему усмотрению определять эти зоны и полосы.[4]

В ходе обследования водоохранной зоны реки Миасс и прудов на реке выявлено 54 места несанкционированного складирования отходов (строительный и бытовой мусор, отвалы размываемых грунтов), 29 мест со сбросом ливневых и сточных вод и другие нарушения режима водоохранной зоны и прибрежной защитной полосы.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ. ИЗУЧЕНИЕ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГРУНТА ВОДООХРАННЫХ ЗОН РЕКИ МИАСС

2.1 Общие сведения о загрязнении почв.

Почва является адсорбентом различных типов химических элементов, в том числе и тяжелых металлов. На протяжении длительного периода они находятся в грунте, проходя постепенную дезактивацию. Для некоторых тяжелых металлов эти сроки могут составлять несколько сотен или даже тысяч лет. В связи с возрастающими масштабами техногенного загрязнения окружающей среды ряд тяжелых металлов и токсичных элементов включен в международные и отечественные списки загрязняющих веществ, подлежащих контролю. Загрязнение тяжёлыми металлами связано с их широким использованием в промышленном производстве вкупе со слабыми системами очистки, в результате чего тяжёлые металлы попадают в окружающую среду, в том числе и почву, загрязняя и отравляя её.

Особенно высок антропогенный химический прессинг в крупных промышленных центрах, к которым относится Челябинск. Исследования содержания в почвах подвижных (химически активных) форм тяжелых металлов актуальны, в связи с их особой опасностью и потенциальной возможностью миграции и попаданию в воду и пищевые цепи человека. Для изучения содержания в почве тяжелых металлов в качестве объектов исследования были выбраны водоохранные зоны реки Миасс, находящиеся в пределах города Челябинск.

Основными источниками загрязнения почвы являются промышленные и бытовые отходы, сельскохозяйственное производство, автотранспорт. Опасность загрязнения почв газообразными выбросами, твердыми и жидкими отходами определяется уровнем накопления в ней вредных веществ и возможностью

вторичного загрязнения ими воды, атмосферного воздуха, воздуха жилых и общественных зданий, продуктов питания, а также влиянием на биологическую активность почвы и процессы ее самоочищения.[3]

В работах, посвященных проблемам загрязнения окружающей природной среды и экологического мониторинга, на сегодняшний день к тяжелым металлам относят более 40 элементов периодической системы Д.И. Менделеева с атомной массой свыше 40 атомных единиц: V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Hg, Pb, Bi и др. По классификации Н. Реймерса (1990), тяжелыми следует считать металлы с плотностью более 8 г/см3. При этом немаловажную роль в категорировании тяжелых металлов играют следующие условия: их высокая токсичность для живых организмов в относительно низких концентрациях, а также способность к биоаккумуляции и биомагнификации.[9, с.6]

Находящийся металл в атмосфере в виде аэрозоля, попав в грунт с осадками, подвергается физико-химическим превращениям при взаимодействии с компонентами почвы, образуя подвижные формы, которые перераспределяются по профилю почвы.

Почвы, окружающие промышленные предприятия различного профиля, содержат токсичные элементы в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК) в десятки и сотни раз. Основными промышленными источниками загрязнения почв тяжелыми металлами считаются предприятия горнодобывающей и металлургической промышленности (около 35%), тепловые электростанции (27%), предприятия 9 по переработке нефти (15%), транспорт (13%) и строительную промышленность (до 8%)

Таблица 3 - Накопление химических элементов в почвах в зоне влияния промышленных предприятий

Источники загрязнения	Тип производства	Коэффициент концентрации (Кс)*	
Цветная металлургия	Производство цветных металлов непосредственно из руд и концентратов	Pb, Zn, Cu, Ag	Sn, Bi, As, Cd, Sb, Hg, Se
	Вторичная переработка цветных металлов	Pb, Zn, Sn, Cu	Hg
	Производство твердых и тугоплавких цветных металлов	W	Mo
	Производство титана	Ag, Zn, Pb, B, Cu	Ti, Mn, Mo, Sn, V
Черная металлургия	Производство легированных сталей	Co, Mo, Bi, W, Zn	Pb, Cd, Cr, Zn
	Железорудное производство	Pb, Ag, As	Zn, W, Co
Машиностроительная и металлообрабатывающая промышленность	Производство суперфосфата	Sr, Zn, F	Редкие земли, Cu, Cr, As
	Производство пластмасс	-	Y, Ag
	Производство цемента	-	Hg, Sr, Zn
	Производство бетонных изделий	-	-
Полиграфическая промышленность	Шрифтолитейные заводы, типографии	-	Pb, Zn, Sn
Твердые бытовые отходы крупных городов, используемые в качестве удобрений	-	Pb, Cd, Sn, Cu, Ag, Sb, Zn	Hg
Осадки канализационных сточных вод	-	Pb, Cd, W, Ni, Sn, Cr, Cu, Zn	Hg, Ag

* Кс – отношению содержания элемента в исследуемом объекте к его фоновому содержанию.

2.2 Отбор проб почв

Отбор проб почвы в водоохранных зонах и последующий анализ проводились в соответствии с «ГОСТ 17.4.4.02-2017 Охрана природы (ССОП). Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа»

Данный стандарт распространяется на случаи общего и локального загрязнения почв, происшедшего в результате аварийных розливов и просыпки токсичных материалов, аварийных залповых выбросов вредных и токсичных веществ, разрывов канализационных коллекторов, разрушения дамб и обваловок шламонакопителей и в других аварийных ситуациях для установления факта наличия загрязнения. Предназначен для контроля общего и локального загрязнения почв в районах воздействия промышленных, сельскохозяйственных, хозяйственно-бытовых и транспортных источников загрязнения, при оценке качественного состояния почв.

1. Пробы извлекаются на участках с однородным почвенным и растительным покровом, а также с учетом хозяйственного использования основных почвенных разновидностей.
2. Площадки для отбора проб почвы должны быть размером 100´100 м или 100´200 м, и объединенные пробы почвы должны составляться из точечных проб почв; отобранных по методу конверта (четыре точки в углах площадки и один в центре).
3. Для контроля загрязнения поверхностно распределяющимися веществами - нефть, нефтепродукты, тяжелые металлы и др. - точечные пробы отбирают послойно с глубины 0-5 и 5-20 см массой не более 200 г каждая.
4. Объединённую пробу составляют путём смешивания точечных проб, отобранных на одной пробной площадке.

5. Для химического анализа объединённую пробу составляют не менее, чем из пяти точечных проб, взятых с одной пробной площадки. Масса объединённой пробы должна быть не менее 1 кг.

6. При отборе точечных проб и составлении объединённой пробы должна быть исключена возможность их вторичного загрязнения.

7. Инструменты для отбора проб почв должны быть из прочной пластмассы. Можно применять инвентарь из любой стали, предварительно тщательно очистив его от ржавчины. Однако, перед взятием пробы, слой, который соприкасался с металлом, необходимо удалить острым ножом из пластмассы.

8. В качестве упаковочного материала для транспортировки и хранения отобранных проб почв можно применять мешочки из хлопчатобумажной плотной, отбеленной ткани. Можно использовать полиэтиленовую пленку или бумажную кальку-восковку.

9. При дальнейшей обработке, транспортировке и хранении пробы почвы не должны подвергаться воздействию атмосферных осадков и других источников вторичного загрязнения.[6]

2.2.1 Точки отбора проб почвы

Рисунок 2.1 – Точки отбора проб №1 и №2

Рисунок 2.2 – Точка отбора пробы №3

Рисунок 2.3 – Точка отбора пробы №4

- Проба №1 – Район Центральный, рядом с мостом с Университетской набережной в сторону ТРК «Родник»
- Проба №2 – Район Калининский, напротив жилого дома по адресу ул. Набережная, д. 7Б
- Проба №3 – Металлургический район, рядом с мостом со Свердловского тракта в сторону ул. Богдана Хмельницкого.
- Проба №4 – Сосновский район, СНТ «Прогресс», окрестности села Долгодеревенское.

2.3 Подготовка проб к анализу

2.3.1 Приготовление вытяжек почв

Из воздушно-сухой объединенной пробы почвы, поступившей в лабораторию, тщательно удалить корни, камни, уголь, стекло, кости животных и взять методом квартования пробу почвы массой 0,2 кг.

Отобранную пробу почвы следует перетереть в большой фарфоровой ступке и просеять через капроновое сито с диаметром отверстий 1 мм. Непросеянные комочки почвы растереть и снова просеять. Из полученной пробы почвы следует взять навески на анализ.[6]

Приготовление вытяжки для определения валового содержания цинка, кадмия, свинца, меди и марганца

1. (5,0±0,1) г воздушно-сухой пробы, измельченной и пропущенной через сито 2 мм, помещают в коническую колбу (или химический стакан) вместимостью (100-150) $см^3$ и заливают 25,0 $см^3$ азотной кислоты (50 %). Вращательным движением осторожно перемешивают содержимое колбы. Помещают колбу на электроплитку, доводят до кипения и кипятят на медленном огне 10 минут. Дают раствору остыть до (40-70) °С.

2. К пробе по каплям приливают 5,0 $см^3$ концентрированной перекиси водорода при перемешивании и вновь помещают на электроплитку, доводят до кипения и кипятят еще 10 минут.

3. После охлаждения до комнатной температуры вытяжку отфильтровывают в мерную колбу вместимостью 50,0 $см^3$ через складчатый фильтр «белая лента», предварительно промытый азотной кислотой концентрации 1 моль/$дм^3$. Фильтр с осадком помещают в колбу с остатком пробы. Приливают в колбу 20,0 $см^3$ азотной кислоты концентрации 1 моль/$дм^3$. Помещают колбу на плитку, нагревают и кипятят содержимое еще 30 минут.

4. После охлаждения до комнатной температуры жидкость в колбе отфильтровывают в мерную колбу с первым фильтратом. Осадок на фильтре промывают горячей азотной кислотой концентрации 1 моль/$дм^3$ в ту же колбу с фильтратом. Фильтрат охлаждают и доводят объем фильтрата в мерной колбе до метки бидистиллярованной водой. [7, с.14]

Рисунок 2.4 – Вытяжки образцов грунта

2.3.2 Подготовка вытяжек к анализу

1. Вносят 1,0 см3 вытяжки, приготовленной по п.2.2.1 (валовое содержание), в кварцевые стаканчики (или фарфоровые тигли), отмытые и проверенные на чистоту.

2. Выпаривают на электроплитке при температуре (160-180) °С до сухого остатка. Охлаждают до комнатной температуры. Если зола содержит угольные включения, то стаканчики выдерживают в муфеле при температуре 450 °С в течение 30 минут до получения однородной золы белого, серого или рыжеватого цвета без угольных включений. Если зола по-прежнему содержит угольные включения, то добавляют 1,0 см3 концентрированной азотной кислоты и 0,5 см3 концентрированной перекиси водорода и выпаривают снова в течение 30 минут.

3. Перед анализом золу растворяют в 0,5 см3 концентрированной муравьиной кислоты и перемешивают стеклянной палочкой. Дают раствору отстояться 2-3 минуты и добавляют 9,5 см3 бидистиллированной воды, перемешивая раствор

стеклянной палочкой. 7.6.1.3 Для анализа берут аликвоту подготовленной пробы объемом (0,2-0,5) см3 при определении валового содержания.[7, с.16]

2.4 Выполнение измерений

2.4.1 Измерительное оборудование

Измерения валовых содержаний цинка, кадмия, свинца, меди, марганца в данной производятся с помощью вольтамперометрического анализатора TA-Lab. Анализатор вольтамперометрический TA-Lab предназначен для высокочувствительных измерений содержания токсичных примесей в питьевых, природных, сточных водах, водных растворах проб почв, пищевых продуктов, продовольственного сырья, биологических объектов и других материалов методом инверсионной вольтамперометрии.

Метод инверсионной вольтамперометрии основан на регистрации и изучении зависимости тока, протекающего через электролитическую ячейку, от внешнего наложенного напряжения. Графическое изображение этой зависимости называют вольтамперограммой.

Анализ вольтамперограммы даёт информацию о качественном и количественном составах анализируемого раствора.

Определяемые примеси**:** Ртуть (Hg), кадмий (Cd), свинец (Pb), железо (Fe), золото (Au), селен (Se), олово (Sn),мышьяк (As), никель (Ni), цинк (Zn), медь (Cu), сурьма (Sb), марганец (Mn), висмут (Bi), кобальт (Co), йод (I), серебро (Ag).

Рисунок 2.5 – Вольтамперометрический анализатор TA-Lab

2.4.2 Выполнение измерений массовых концентраций цинка, кадмия, свинца и меди

2.4.2.1 Отмывка электрохимических ячеек

- Перед анализом каждой пробы проводят отмывку стаканчиков и электродов.
- В кварцевые стаканчики наливают (10-12) см3 бидистиллированной воды и 0,2 см3 концентрированной муравьиной кислоты. Стаканчики с полученным раствором устанавливают в анализатор. Проводят отмывку ячеек при потенциале 0,05 В в течение 2-3 минут. Для этого нажимают кнопку «Отмывка» - процесс отмывки начинается. Повторное

нажатие кнопки «Отмывка» прекращает процесс отмывки. Меняют воду в стаканчиках и повторяют операцию. После окончания отмывки выливают раствор из стаканчиков. [7, с.21]

2.4.2.2 Проверка стаканчиков, фонового раствора и электродов на чистоту

- Проводят после отмывки электрохимических ячеек. В стаканчики вносят 10-12 $см^3$ бидистиллированной воды и 0,2 $см^3$ концентрированной муравьиной кислоты. Стаканчики с полученным фоновым раствором устанавливают в анализатор и проводят регистрацию 2-3 воспроизводимых вольтамперограмм фона.
- Стаканчики, фоновый раствор и электроды считаются чистыми, если на вольтамперограммах отсутствуют пики определяемых элементов.
- Если сразу же после проверки на чистоту планируется проверка работы электродов (не позднее, чем через 3-4 минуты) раствор из стаканчиков не выливают и сразу же приступают к проведению измерений.[7, с.21]

2.4.2.3 Проверка работы электродов методом «введено-найдено»

- В кварцевые стаканчики с проверенным на чистоту фоновым раствором добавляют 0,04 $см^3$ аттестованной смеси Zn, Cd, Pb, Cu концентрации 1 $мг/дм^3$ (используют аттестованную смесь, содержащую одновременно Zn, Cd, Pb, Cu).
- Изменяют время подготовки на 30 секунд.
- Устанавливают параметры пробы:

  Объем аликвоты [мл]: 1.0.

  Объем минерализата [мл]: 1.0.

  Масса навески по каналам [г]: 1.0.
- Проводят регистрацию вольтамперограмм пробы.

- После регистрации исключают, если необходимо, невоспроизводимые вольтамперограммы. Количество воспроизводимых вольтамперограмм в каждом окне должно быть не менее двух. В противном случае регистрацию повторяют.
- Обрабатывают полученные вольтамперограммы. Для каждого элемента устанавливают параметры добавки аттестованной смеси концентрация С [мг/л] -1 ; объем V [мл] - 0,04. Вносят в каждую ячейку 0,04 $см^3$ аттестованной смеси Zn, Cd, PЬ, Cu концентрации 1 $мг/дм^3$ и запускают регистрацию вольтамперограмм пробы с добавкой.
- Получают 2-3 воспроизводимые вольтамперограммы. Обрабатывают их.
- Выполняют команду “Расчет". При наличии на вольтамперограммах фона пиков тяжелых металлов включают “Учет фона". Если полученные значения концентрации каждого элемента входят в интервал (0,030-0,050) мг/дм3, то электроды готовы для работы. Если расхождение между полученной концентрацией и введенной превышает 25 % (например, 0,022 мг/дм3-полученная, 0,040 мг/дм3 - введенная), проверку электродов повторяют с новым фоновым раствором. [7, с.31]

2.5 Анализ подготовленной пробы

1. Устанавливают время накопления 60 секунд.
2. В кварцевые стаканчики наливают (10-12) $см^3$ бидистиллированной воды и 0,2 $см^3$ концентрированной муравьиной кислоты. Стаканчики с полученным раствором устанавливают в анализатор и проводят регистрацию 2-3 воспроизводимых вольтамперограмм фона.
3. После регистрации исключают, если необходимо, невоспроизводимые вольтамперограммы. Усредняют воспроизводимые вольтамперограммы. При необходимости поправляют разметку линии остаточного тока.
4. В каждый стаканчик с фоновым раствором вносят аликвоту раствора минерализованной вытяжки в соответствии с таблицей 3. Объем аликвоты

зависит от концентрации элементов в почве. Первую аликвоту делают минимальную из указанных для определяемой формы в таблице .

Таблица 3 - Параметры пробы при определении содержания цинка, кадмия, свинца и меди

Определя-емая форма Zn, Cd, Pb, Cu	Приготовле-ние раствора минерализата вытяжки	Объем раствора, вносимый в э/х ячейку, $см^3$	V аликвоты, $см^3$	V минерализата, $см^3$	Масса навески, г
Валовое содержание	0,5 $см^3$ HCOOH + 9,5 $см^3$ H20	0,2-0,5	Объем раствора минерализата, внесенный в ячейку	10	0.1

5. Устанавливают значения параметров пробы: объем аликвоты, объем минерализата и массу навески в соответствии с таблицей . В таблице приведено значение массы навески, перерассчитанное на массу пробы, используемую для минерализации (т.е. учтено соотношение общего объема вытяжки и объема вытяжки, используемой для минерализации).

6. Регистрируют первую вольтамперограмму пробы. По величине пиков на первой вольтамперограмме пробы принимают решение о дальнейшей регистрации вольтамперограмм пробы:

- если пики определяемых элементов зашкаливают, останавливают процесс регистрации (на этапе «Очистка» или «Растворение»), в методике «Определение ТМ в почве» уменьшают время накопления в 3-10 раз и проводят повторную регистрацию вольтамперограмм пробы (уменьшить время накопления и

зарегистрировать пики с уменьшенным временем накопления можно без остановки процесса, в этом случае первую вольтамперограмму обязательно исключают);

- если пики определяемых элементов не проявляются в масштабе 20:1 или не превышают пиков в фоне, останавливают процесс регистрации (на этапе «Очистка» или «Растворение»), вносят дополнительную аликвоту пробы и проводят повторную регистрацию вольтамперограмм пробы (при этом в таблице с параметрами пробы изменяют объем аликвоты на суммарный объем ранее сделанной и повторной аликвоты).

7. Каждая проба облучается 300 секунд один раз. При повторной регистрации вольтамперограмм пробы уменьшают время подготовки до 30 секунд. В итоге должно быть зарегистрировано 2-3 воспроизводимые вольтамперограммы пробы.

8. По соотношению высот пика цинка и высот кадмия, свинца и меди принимают решение о совместном или раздельном определении цинка и других элементов:

- если пики всех определяемых элементов полностью вмещаются на экране в масштабе 10:1 (обычно при анализе водных и ацетатно-аммонийных вытяжек), то проводят одновременное определение Zn, Cd, Pb, Cu;

- если высота пика Zn на вольтамперограммах пробы превышает высоту пика Cd более чем в 20 раз или пик Zn не вмещается на экране в масштабе 10:1 (обычно встречается при определении кислоторастворимых форм металлов или их валового содержания), то проводят определение Cd, Pb, Cu и отдельно определяют Zn (изменив параметры измерений).

- если пик РЬ превышает пик Cd в 10 раз или не вмещается на экране в масштабе 20:1 (обычно встречается при определении кислоторастворимых форм металлов или их валового содержания), то проводят определение Cd, отдельно (уменьшив время накопления) определяют РЬ и Си и затем определяют Zn (изменив параметры измерений). [7, с.22]

Таблица 4 - Электрохимические параметры проведения измерений

Наименование параметра	Zn, Cd, Pb, Cu
Индикаторный электрод	Ртутный пленочный
Фоновый электролит	HCOOH
Потенциал электронакопления, В	-1,3
Время электронакопления при проверке работы электродов, с	30
Время электронакопления при анализе проб, с	5-60
Потенциал начала развертки,В	-1,2
Конечный потенциал развертки, В	0,15
Скорость изменения потенциала, мВ/с	80
Потенциал пика, В	Zn: -0,9±0,05 Cd: -0,6±0,05 PЬ: -0,4±0,05 Cu: -0,1 ±0,05
Электрохимическая система (кол-во электродов)	3- электродная
Параметры отмывки	При потенциале 0,05 В
Параметры подготовки рабочего электрода	1=2,5 мА t=240 с

2.5.1 Отдельное определение Cd, отдельное определение Pb и Cu и отдельное определение Zn из одного раствора

1. В первую очередь определяют массовую концентрацию Cd. Для этого изменяют в потенциал успокоения и начала развертки на минус 0.85 В, время на этапе «Подготовка» на 30 секунд.

2. Проводят регистрацию вольтамперограмм пробы и пробы с добавкой аттестованной смеси Cd. При этом получают три значения содержания кадмия в анализируемой пробе.

3. Для определения Pb и Cu изменяют время накопления на (10-30) секунд.

4. Проводят регистрацию вольтамперограмм пробы и пробы с добавками аттестованных смесей Pb и Cu. При этом получают три значения содержания свинца и меди в анализируемой пробе («Учет фона» не включают).

Для определения Cd, Pb и Cu алгоритм проведения анализа идентичен:

- Проводят регистрацию вольтамперограмм пробы. Обрабатывают вольтамперограммы пробы: исключают, если необходимо, невоспроизводимые вольтамперограммы; усредняют воспроизводимые вольтамперограммы; при необходимости поправляют разметку линии остаточного тока.
- Выводят на экран таблицу с рекомендуемыми добавками аттестованных смесей определяемых элементов. Вносят рекомендуемые добавки аттестованных смесей определяемых элементов в каждую ячейку.
- Проводят регистрацию вольтамперограмм пробы с добавкой. Если добавка оказалась мала (высота всех пиков или некоторых из них увеличилась менее чем на 50 %), останавливают процесс регистрации. Делают еще одну добавку аттестованной смеси элемента (пик которого мало вырос от первой

добавки) так чтобы пик вырос на (50-150) % и повторяют регистрацию вольтамперограмм пробы с добавкой. При этом исправляют в таблице параметров добавки объем (концентрацию) добавки на большую с учетом уже сделанной.

- Обрабатывают полученные вольтамперограммы: исключают, если необходимо, невоспроизводимые вольтамперограммы; усредняют воспроизводимые вольтамперограммы; при необходимости поправляют разметку линии остаточного тока. Выполняют команду «Расчет». [7, с.26]

Определение Zn.

- Для определения Zn в той же пробе устанавливают потенциал успокоения и начала развертки: минус 1.2 В; время накопления: (5-10) секунд.

- Проводят регистрацию 2-3 воспроизводимых вольтамперограмм пробы, обрабатывают их и регистрируют вольтамперограммы пробы с добавкой аттестованной смеси цинка При этом получают три значения содержания Zn в анализируемой пробе («Учет фона» не включают). [7, с.26]
- После проведения анализа стаканчики и электроды промывают

Рисунок 2.6 – Вольтамперометрический анализатор TA-Lab в лаборатории

2.6 Обработка результатов измерений

1. Расчет результатов анализа

Массовая концентрация каждого элемента в анализируемой пробе вычисляется автоматически

по формуле:

$$X_i = \frac{I_1 \times C_д \times V_д}{(I_2 - I_1) \times m} \times \frac{V_{мин}}{V_{ал}} \quad (1)$$

где:

X_i- содержание данного элемента в анализируемой пробе, мг/кг;

$C_д$- концентрация аттестованной смеси элемента, из которой делается добавка к анализируемой пробе, мг/дм3;

$V_д$- объем добавки аттестованной смеси элемента, см3;

I_1 - величина пика элемента в анализируемой пробе, мкА;

$V_{мин}$ - объем минерализата, полученного растворением золы вытяжки в известном объеме растворителя, см3;

$V_{ал}$ - объем аликвоты, взятый для анализа из раствора минерализата вытяжки, см^3;

I_2 - величина пика элемента в пробе с добавкой, мкА;

m - масса пробы, г, рассчитанная по формуле:

$$m = \frac{m_{\text{пробы}}}{V_{\text{выт}}} \times V_{\text{мин.выт}}\text{, г,} \qquad (2)$$

где:

$m_{пробы}$ - масса пробы, взятой для приготовления вытяжки, г;

$V_{выт}$ - объем вытяжки, приготовленной из всей взятой массы пробы, см^3;

$V_{мин.выт}$ - объем вытяжки, взятой для минерализации, см^3;. При включенном параметре «Учет фона» при расчете концентраций из высот пиков элементов в пробе и в пробе с добавкой вычитаются величины высот пиков элементов в фоне.

2 Получение результата анализа в условиях повторяемости

В итоге выполнения измерений в трех ячейках анализатора для каждого одновременно

получают по три результата единичного анализа X_1, X_2 и X_3 в условиях повторяемости. За результат анализа принимают среднее значение двух результатов единичного анализа, расхождение между которыми не превышает предела повторяемости (33%)

Рассчитывают среднее арифметическое двух результатов единичного анализа X_1 и X_2

$\overline{X} = \frac{X_1+X_2}{2}$, мг/кг (3)

Абсолютное расхождение между результатами единичного анализа $|X_1 - X_2|$ сравнивают с абсолютным значением предела повторяемости г. Абсолютное значение предела повторяемости г определяют, используя относительное значение предела повторяемости (г,%):

г = 0,01 (г,%) × $\overline{X}$, мг/кг. (4)

Если абсолютное расхождение между двумя результатами единичного анализа не превышает допускаемого:

$|X_1 - X_2| \leq r$, (5)

Оба результата признают приемлемыми и в качестве окончательного результата указывают среднее арифметическое значение X , рассчитанное по формуле (3).

Если каждое из абсолютных расхождений) $|X_1 — X_3|$, $|X_2 – X_1|$, $|X_2 – X_3|$ превышает рассчитанный для их среднего арифметического предел повторяемости r, сравнивают размах между максимальным и минимальным значениями результатов единичного анализа (Xmax-Xmin) с абсолютным значением критического диапазона для трех результатов единичного анализа $CR_{0,95(3)}$

Абсолютное значение критического диапазона $CR_{0,95(3)}$ определяют, используя относительное значение критического диапазона для трех результатов единичного анализа (40%)

$CR_{0,95(3)} = 0,01\times(CR_{0,95(3)},\%)\times \overline{X}_{(3)})$, мг/кг, (6)

где $\overline{X}_{(3)}$, - среднее арифметическое трех результатов единичного анализа, рассчитанное по формуле:

$\overline{X_{(3)}} = \frac{X_1+X_2+X_3}{3}$, мг/кг (7)

Если размах между максимальным и минимальным значениями результатов единичного анализа равен или меньше абсолютного значения критического диапазона $CR_{0,95(3)}$:

$$(X_{max} - X_{min}) \leq CR_{0,95(3)}, \quad (8)$$

то в качестве окончательного результата принимают среднее арифметическое значение трех результатов единичного анализа $\overline{X_{(3)}}$, рассчитанное по формуле (7).

Если размах между максимальным и минимальным значениями результатов единичного анализа больше значения критического диапазона $CR_{0,95(3)}$ повторяют анализ пробы. В результате получают еще три результата единичного анализа. При этом целесообразно выяснить причины появления неприемлемых результатов единичного анализа. Сравнивают размах между максимальным и минимальным значениями из всех шести результатов единичного анализа ($X_{max(6)}$-$X_{min(6)}$) с абсолютным значением критического диапазона для шести результатов единичного анализа $CR_{0,95(6)}$. Абсолютное значение критического диапазона $CR_{0,95(6)}$ определяют, используя относительное значение критического диапазона для шести результатов единичного анализа $CR_{0,95(6)}$ (равен 48%) [ ]

$$CR_{0,95(6)} = 0,01 \times \left(CR_{0,95(6)}, \%\right) \times \overline{X}_{(6)}, \text{мг/кг} \quad (9)$$

где $\overline{X}_{(6)}$ - среднее арифметическое шести результатов единичного анализа, рассчитанное по формуле:

$$\overline{X}_{(6)} = \frac{X_1+X_2+X_3+X_4+X_5+X_6}{6}, \text{мг/кг} \quad (10)$$

Если размах между максимальным и минимальным значениями шести результатов единичного анализа равен или меньше абсолютного значения критического диапазона $CR_{0.95(6)}$

$$(X_{\max(6)} - X_{\min(6)}) \leq CR_{0,95(6)}, \quad (11)$$

то в качестве окончательного результата принимают среднее арифметическое значение шести результатов единичного анализа $\overline{X}_{(6)}$, рассчитанное по формуле (10). [7, с.35]

2.7 Результаты измерений

2.7.1 Содержание цинка

Главными источниками поступления цинка в почву являются отходы промышленных производств, таких как цветная металлургия, лакокрасочная промышленность, гальваническое производство, а также коммунально-бытовые отходы и илы городских очистных сооружений. Важными факторами, влияющими на подвижность Zn в почвах, являются содержание глинистых минералов и величина pH. При повышении pH элемент переходит в органические комплексы и связывается почвой. С органическим веществом Zn образует устойчивые формы, поэтому в большинстве случаев он накапливается в горизонтах почв с высоким содержанием гумуса и в торфе.

Полученные в ходе исследования образцов почв вольтамперограммы представлены на рисунках 2.7, 2.8, 2.9, 2.10.

Результаты анализа на основе вольтамперограмм приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Содержание цинка

№ пробы	Элемент	Результат единичного анализа			Результат анализа
		Канал А	Канал В	Канал С	
1	Zn	87.2	56.5	98.1	81
2	Zn	0	0.424	0.0958	0.26
3	Zn	1769	2550	2299	2206
4	Zn	2227	1816	1680	1907

Все значения в таблице имеют размерность мг/кг

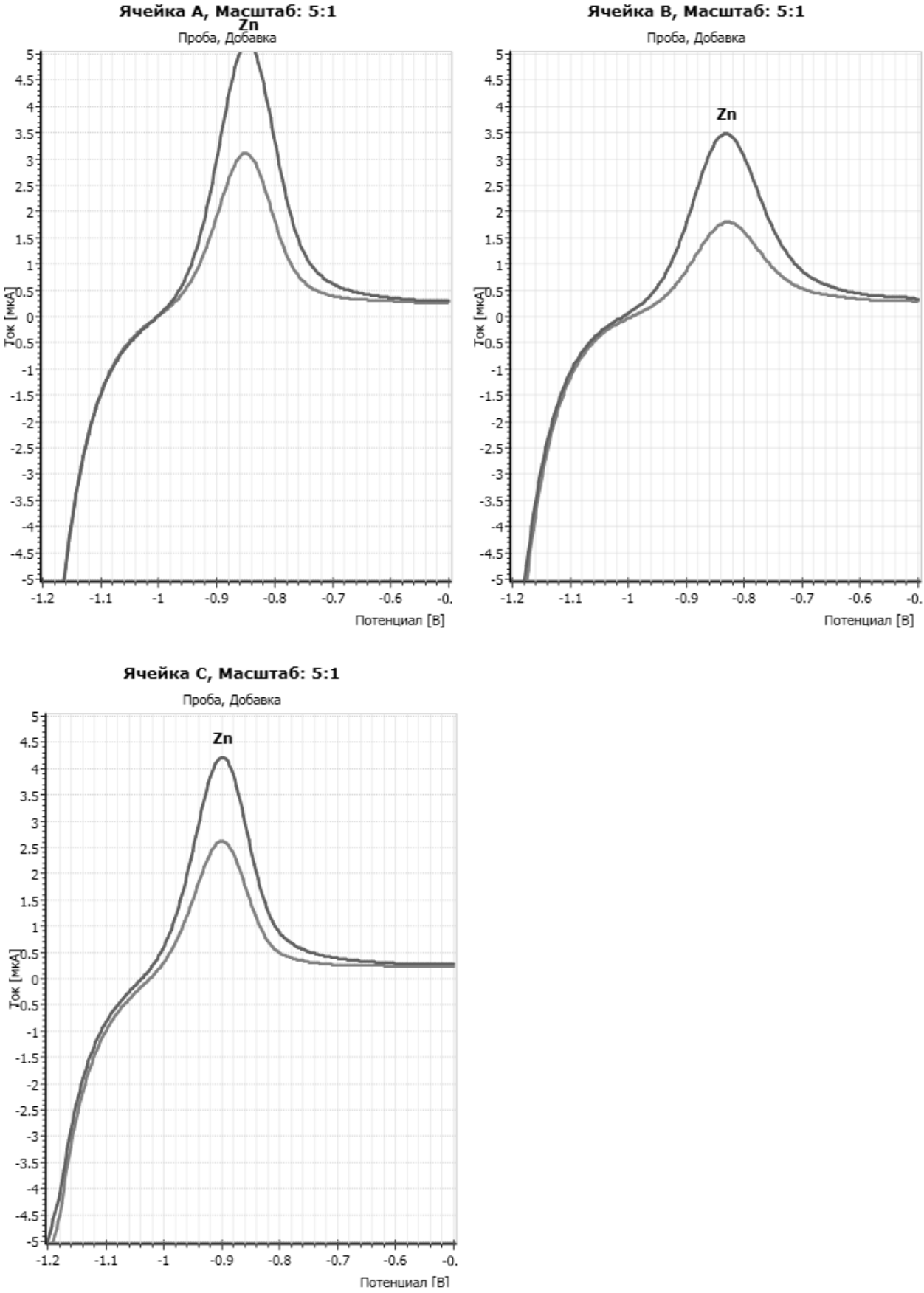


Рисунок 2.7 – Вольтамперограммы содержания цинка в пробе №1

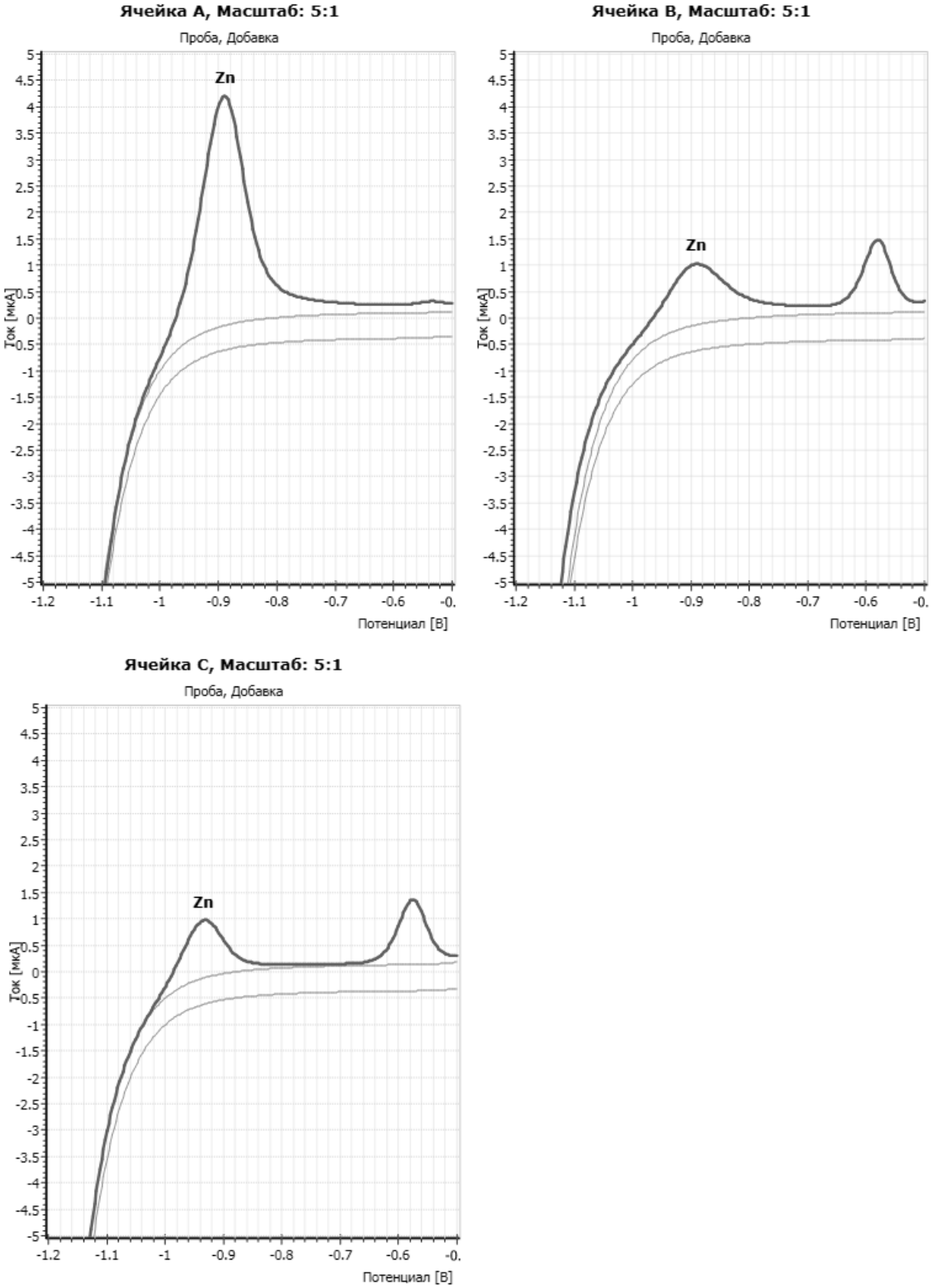


Рисунок 2.8 – Вольтамперограммы содержания цинка в пробе №2

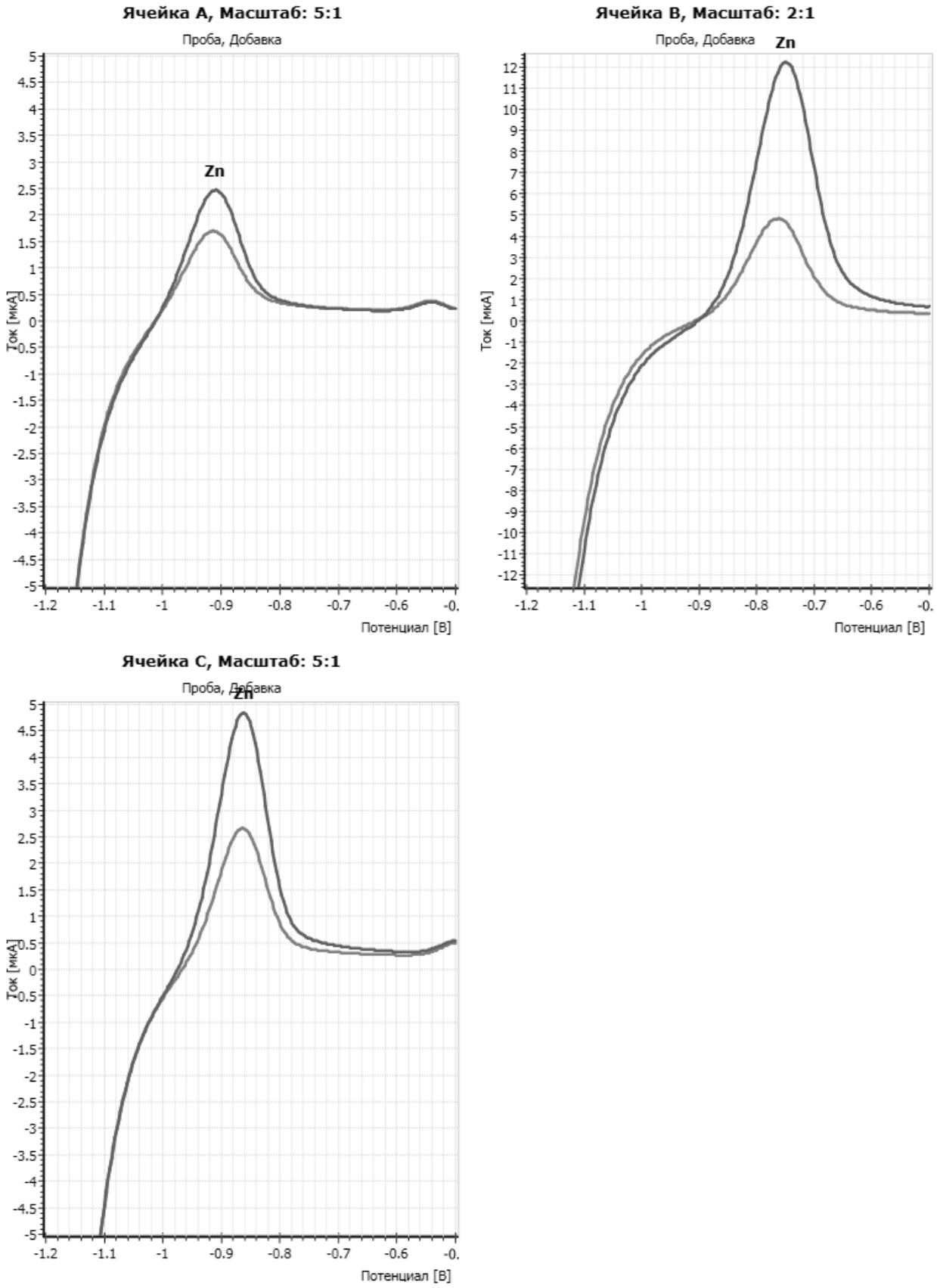
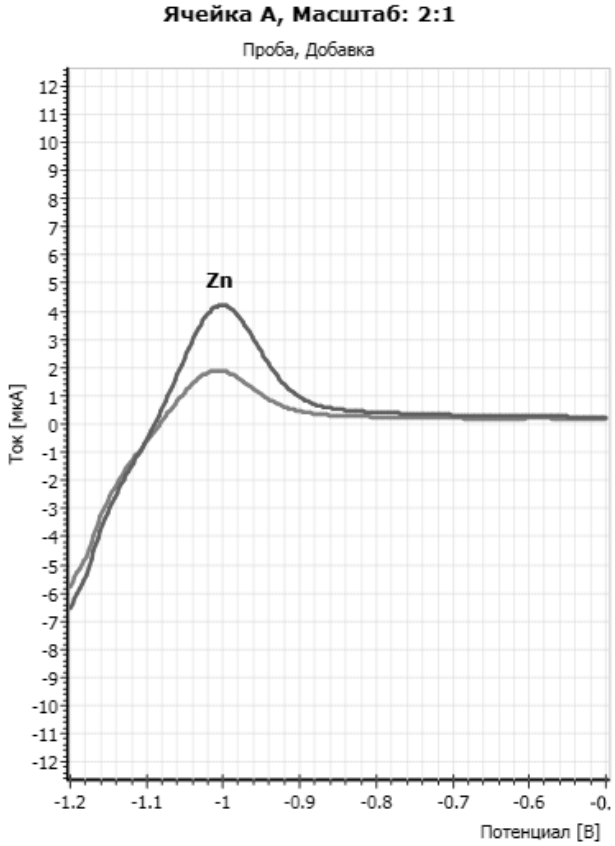
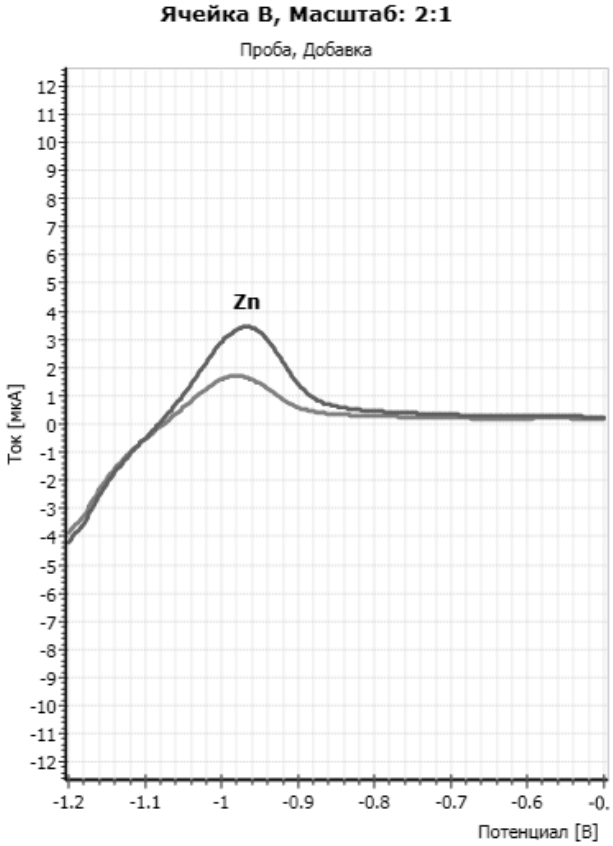


Рисунок 2.9 –Вольтамперограммы содержания цинка в пробе №3





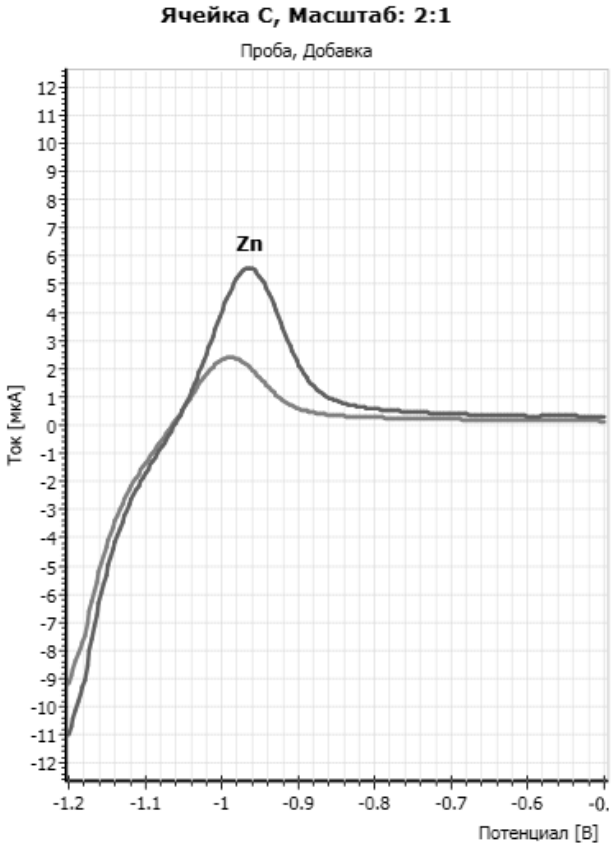


Рисунок 2.10 – Вольтамперограммы содержания цинка в пробе №4

2.7.2 Содержание свинца и кадмия

В почву кадмий поступает в составе отходов, образующихся при добыче и переработке цинковых, свинцово-цинковых, медно-цинковых руд; в виде примесей оксидов, сульфидов и иных соединений, содержащихся в выхлопных газах автомобилей. Основной источник загрязнения почвы кадмием - добыча и металлургия цинка, а также производство красок и электротехнической продукции. Загрязнение почвы кадмием - одно из наиболее опасных экологических явлений. Для снижения подвижности Cd используют повышение pH почвы путем известкования, не для всех почв и растений пригоден данный способ.

Свинец в почву попадает при добыче свинцовых руд, как отход металлургии, из двигателей автомобилей, потребляющих бензин с присадкой свинца, а также из свалок (использованные электрические аккумуляторы, краски, сплавы металлов). Высокое содержание свинца также отмечается в осадках городских сточных вод, а также в пиритных огарках. Наибольшему загрязнению тяжелыми металлами подвергаются почвы и растения в радиусе 2–5 км от металлургических предприятий, 1–2 км от рудников и ТЭЦ и в полосе 0–100 м от автомагистралей. [15]

Полученные в ходе исследования образцов почв вольтамперограммы представлены на рисунках 2.11, 2.12, 2.13, 2.14.

Результаты анализа на основе вольтамперограмм приведены в таблице 6 и таблице 7.

Таблица 6 – Содержание кадмия

№ пробы	Элемент	Результат единичного анализа			Результат анализа
		Канал А	Канал В	Канал С	
1	Cd	0	0.607	0	0.61
2	Cd	0.627	15.2	17.0	11
3	Cd	31.8	0	65.8	49
4	Cd	41.5	41.7	43.8	42

Таблица 7 – Содержание свинца

№ пробы	Элемент	Результат единичного анализа			Результат анализа
		Канал А	Канал В	Канал С	
1	Pb	16.7	19.9	14.8	17.13
2	Pb	15.8	15.0	16.8	15.86
3	Pb	351	279	344	325
4	Pb	336	295	337	323

Все значения в таблицах имеют размерность мг/кг

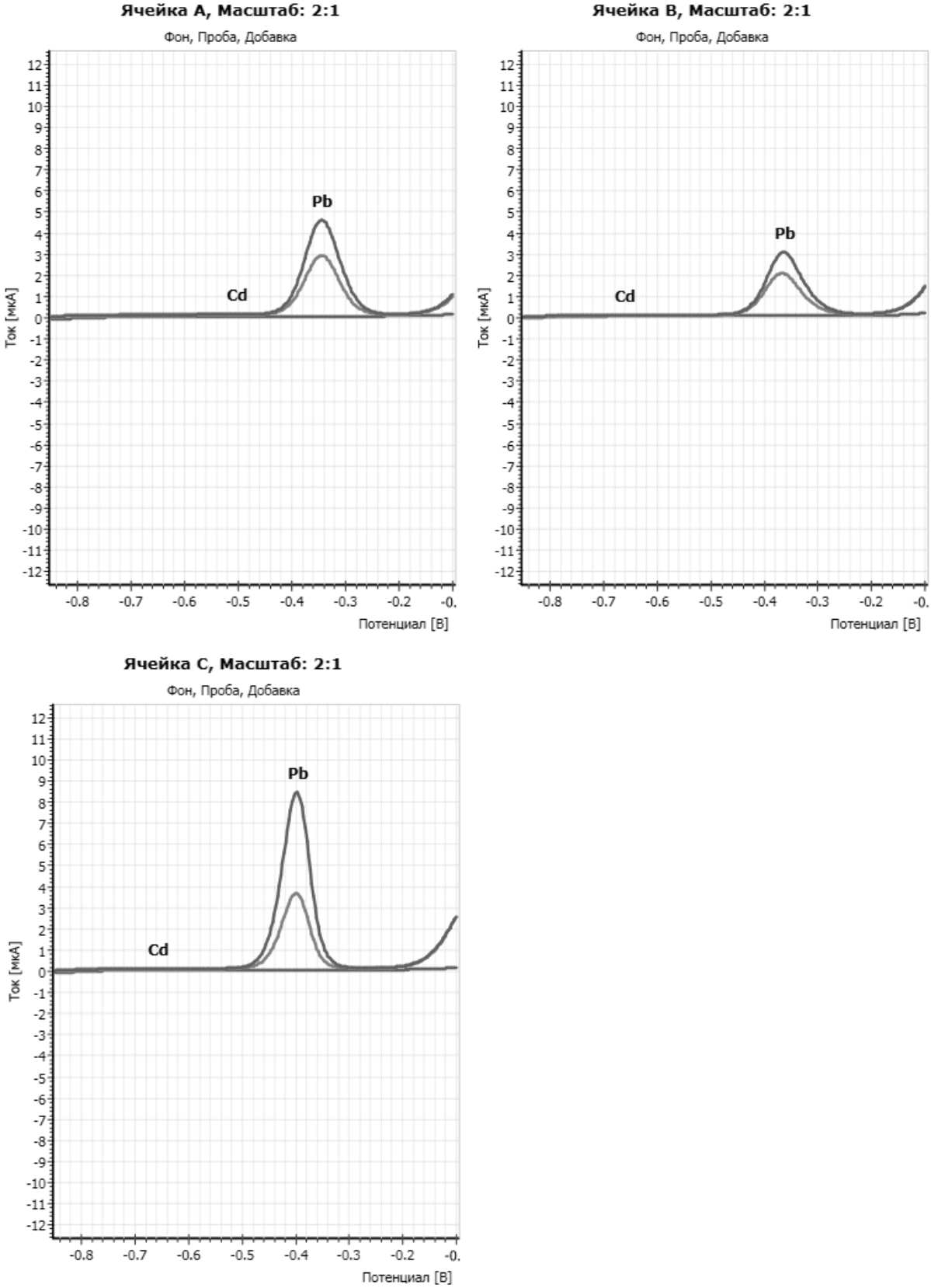


Рисунок 2.11 – Вольтамперограммы содержания кадмия и свинца в пробе №1

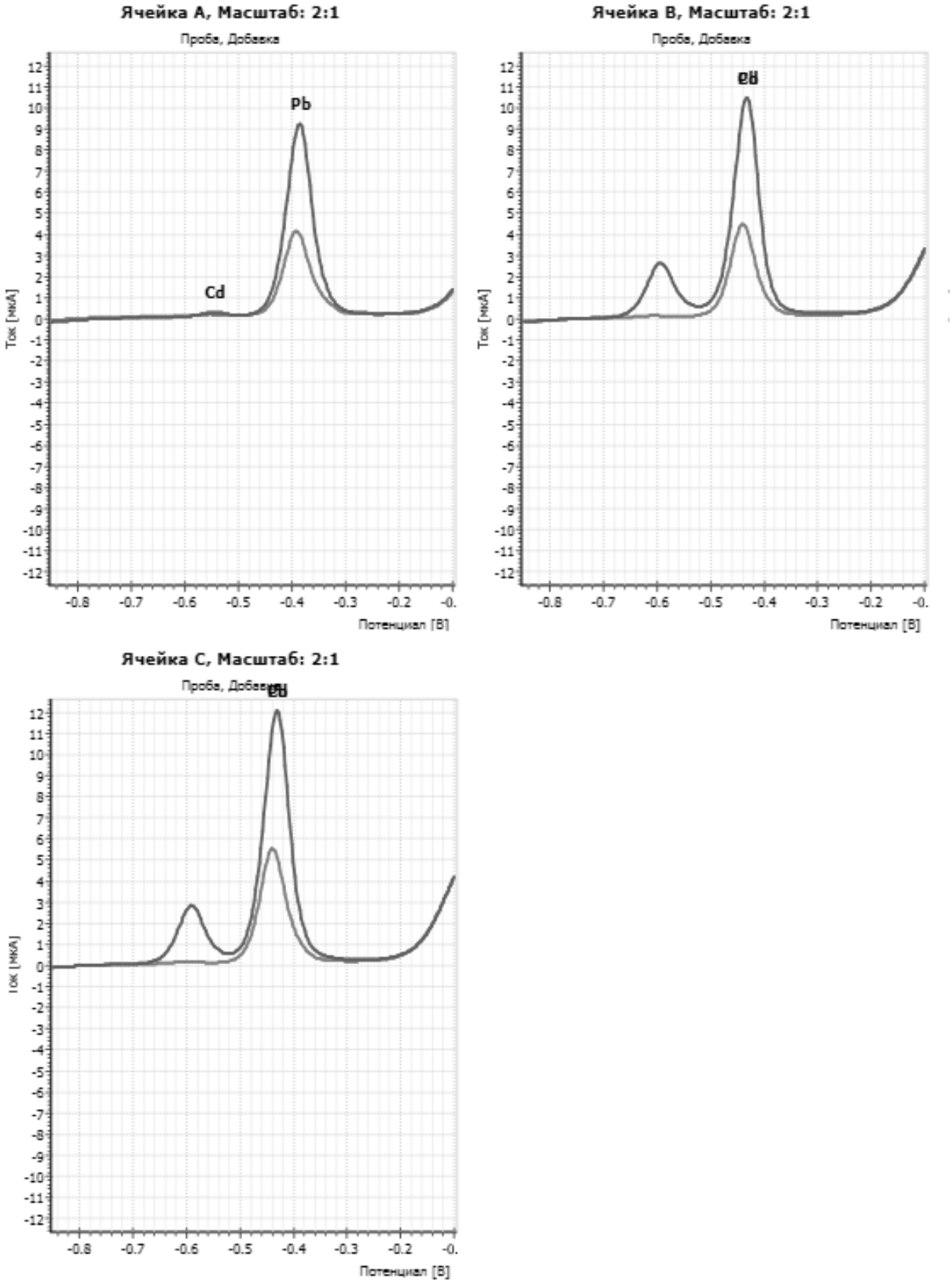


Рисунок 2.12 – Вольтамперограммы содержания кадмия и свинца в пробе №2

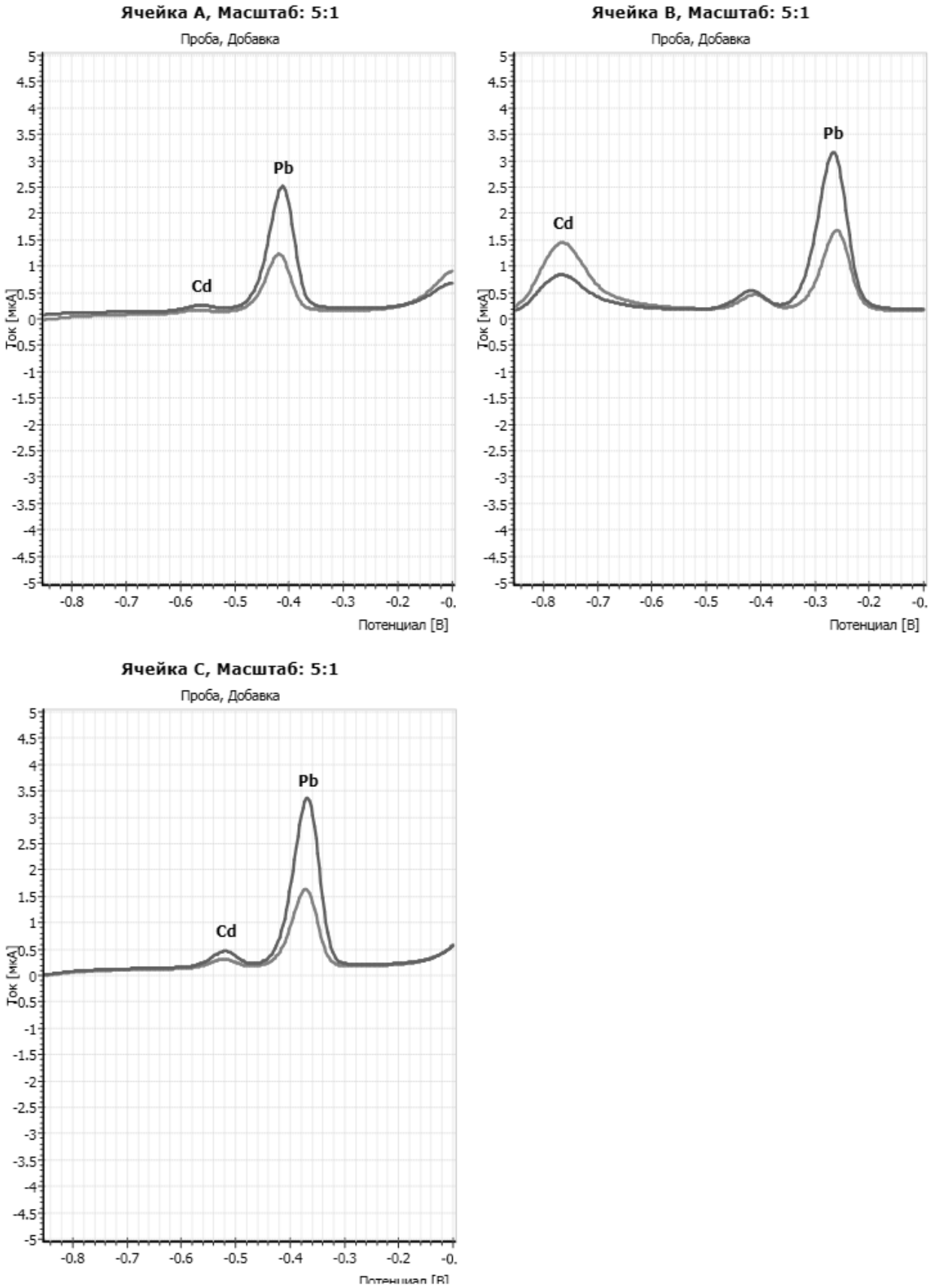


Рисунок 2.13 – Вольтамперограммы содержания кадмия и свинца в пробе №3

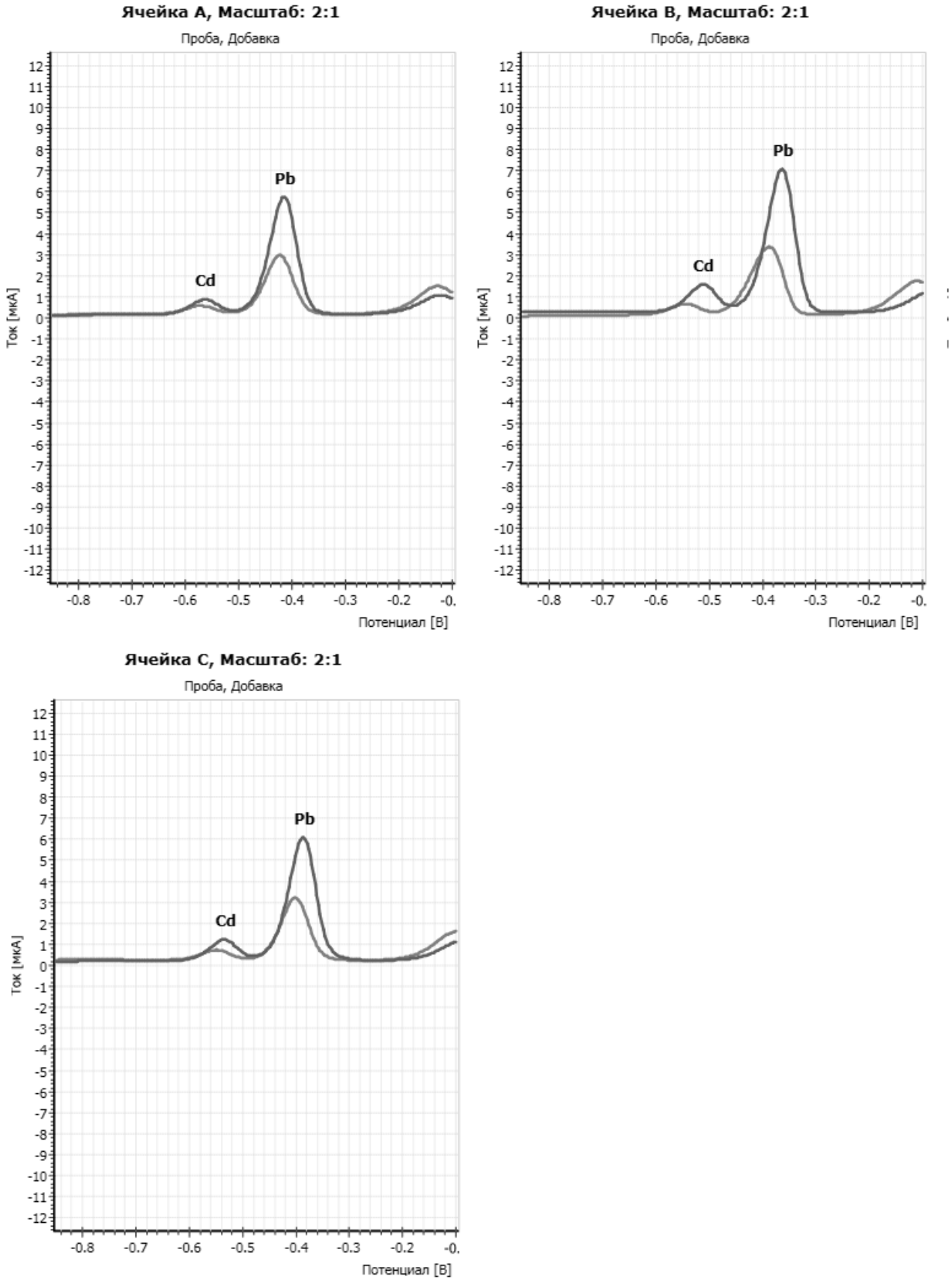


Рисунок 2.14 – Вольтамперограммы содержания кадмия и свинца в пробе №4

2.7.3 Содержание меди

Значительное количество меди попадает в почву при применении медесодержащих фунгицидов (бордорская смесь, хлорокись меди). Медь поступает в воздух с выбросами металлургических производств. На долю предприятий цветной металлургии приходится 98,7% всех антропогенных выбросов этого металла.

Повышение концентраций этого металла в почве приводит к замедлению роста растений и снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

Полученные в ходе исследования образцов почв вольтамперограммы представлены на рисунках 2.15, 2.16, 2.17, 2.18.

Результаты анализа на основе вольтамперограмм приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Содержание меди

№ пробы	Элемент	Результат единичного анализа			Результат анализа
		Канал А	Канал В	Канал С	
1	Cu	33.9	24.8	25.0	27.9
2	Cu	61.1	43.7	49.6	52.2
3	Cu	255	372	394	340.3
4	Cu	218	180	159	185.6

Все значения в таблице имеют размерность мг/кг

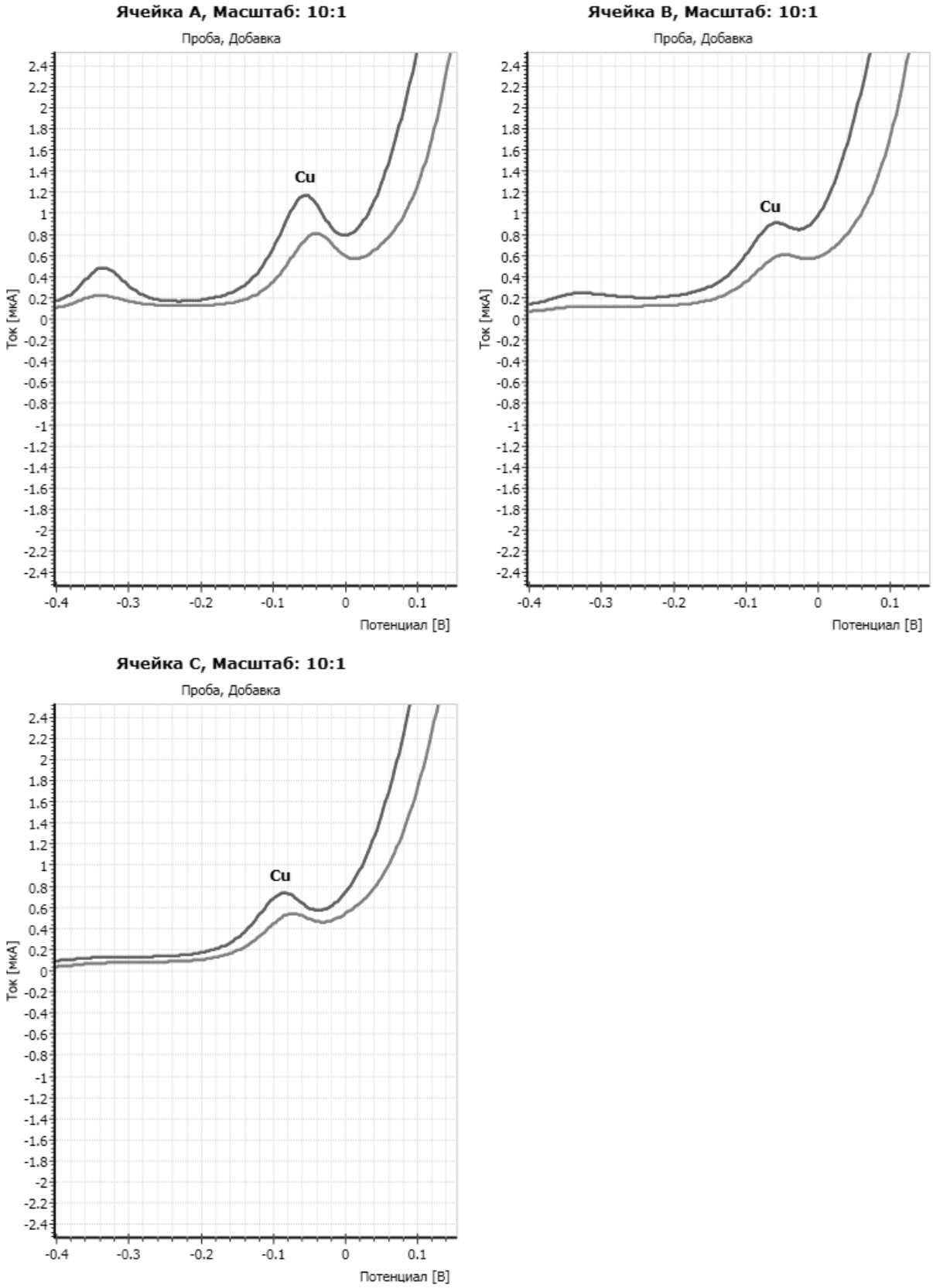


Рисунок 2.15 –Вольтамперограммы содержания меди в пробе №1

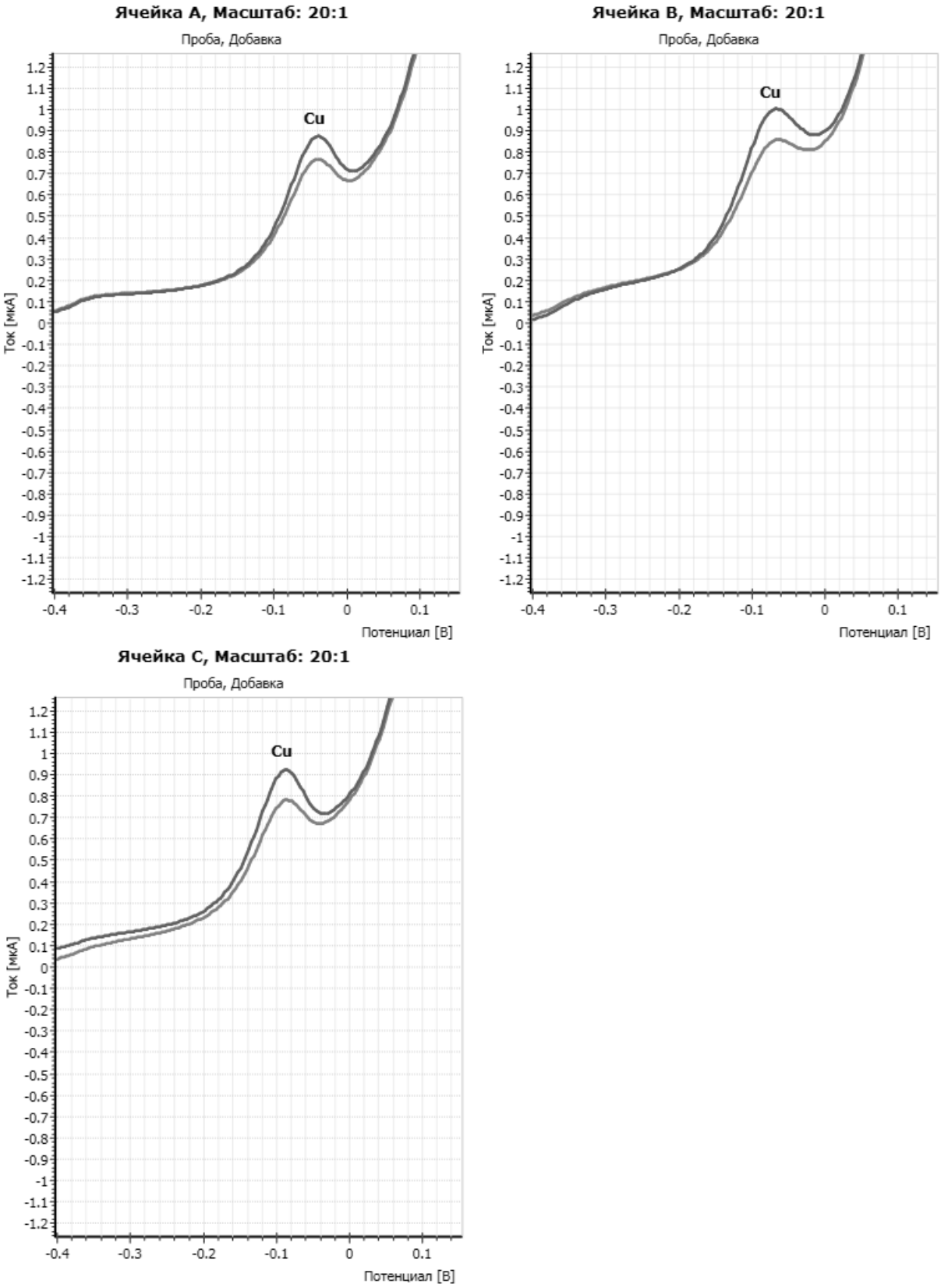


Рисунок 2.16 – Вольтамперограммы содержания меди в пробе №2

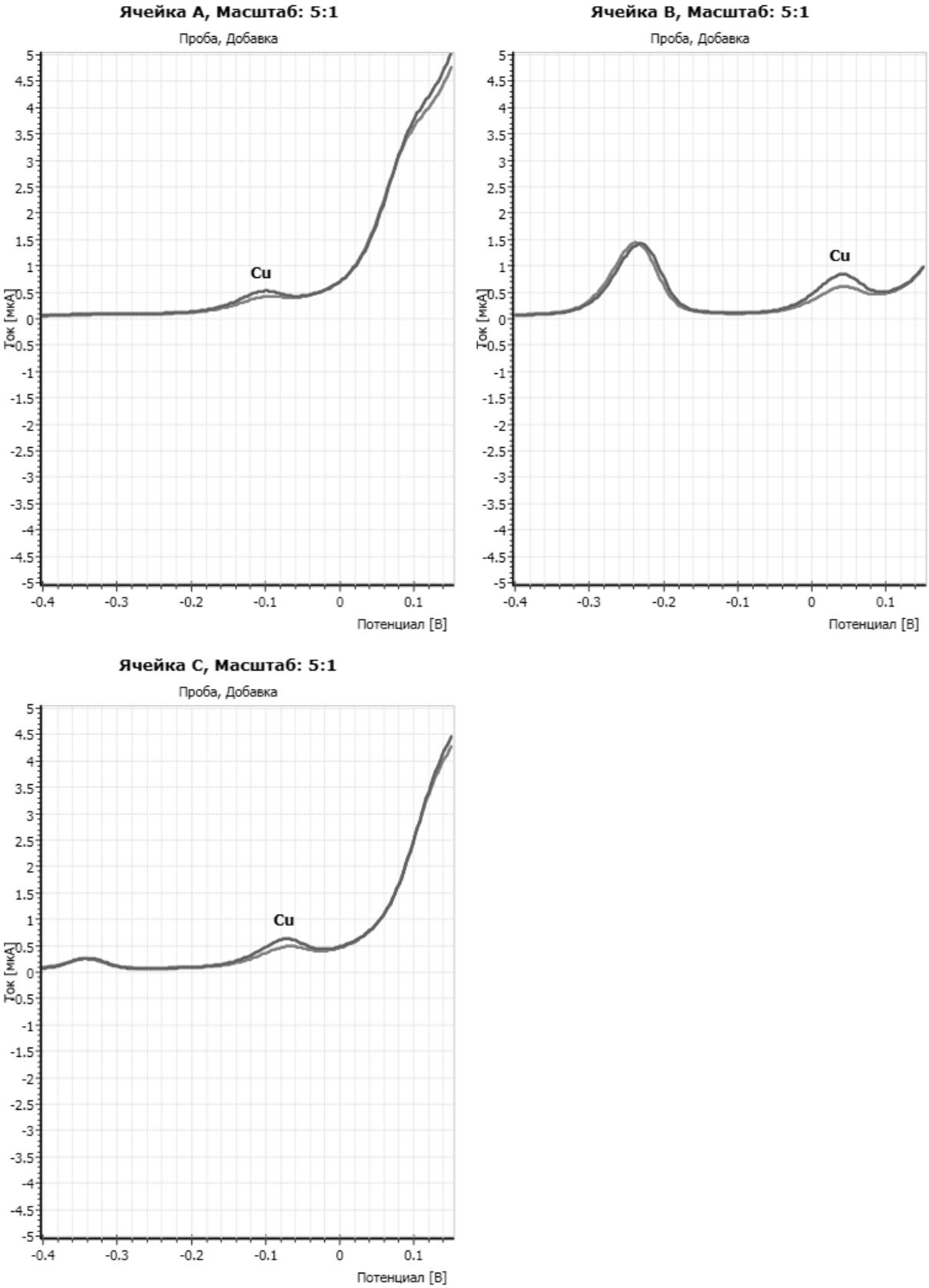


Рисунок 2.17 – Вольтамперограммы содержания меди в пробе №3

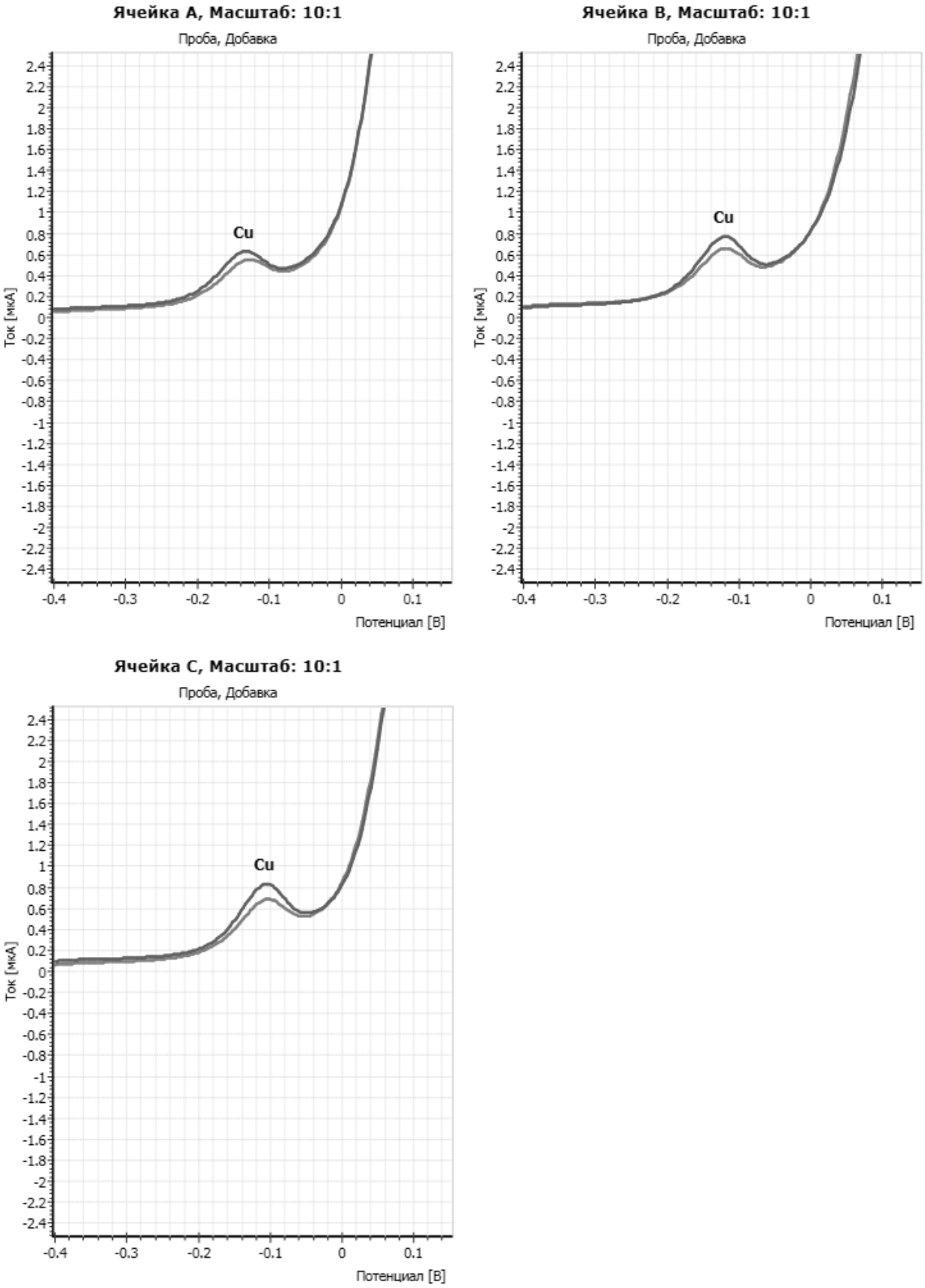


Рисунок 2.18 – Вольтамперограммы содержания меди в пробе №4

Таблица 10 – Предельно допустимые концентрации (ПДК) цинка, кадмия, свинца и меди в почве и допустимые уровни их содержания по показателям вредности [8]

№	Наименование вещества	Формула	Величина ПДК (мг/кг)	Показатели вредности, мг/кг			
				Транслокационный	Миграционный		Общесанитарный
					Водный	Воздушный	
1	Цинк	Zn	23,0	23	200	-	37
2	Кадмий	Cd	0,5-2,0 (в зависимости от типа грунта)	-	-	-	-
3	Свинец	Pb	6,0	35	260	-	32
4	Медь	Cu	3,0	3,5	72	-	3

В результате исследований выявлено:

- В зоне отбора пробы №1 содержание Zn в почве превышает ПДК в 3,5 раза, Cd – в пределах нормы, Pb – в 2,85 раза, Cu – в 9,3 раза.
- В зоне отбора пробы №2 содержание Zn не превышает ПДК, Cd – превышает в 5,5 раз, Pb – в 5 раз, Cu – в 17,4 раза
- В зоне отбора пробы №3 содержание Zn чрезвычайно высокое, в 96 раз превышающее ПДК, Cd – в 24 раза, Pb – в 54 раза, Cu – в 113 раз.
- В зоне отбора пробы №4 содержание Zn в почве так же чрезвычайно высокое и превышает ПДК в 82 раза, Cd – в 21 раз, Pb – в 54 раза, Cu – в 61 раз.

2.8 Методы борьбы с загрязнением почв тяжелыми металлами

Наличие, разработка и совершенствование технологий очистки почв определяется их растущей востребованностью как практических инструментов решения конкретных экологических и гигиенических задач. Следует отметить, что требующие очистки территории отличаются друг от друга по качеству и количеству загрязнений, почвенным и климатическим условиям и, главное, целям и задачам очистки, то есть планируемому использованию очищенной территории. [15]

Методы борьбы с загрязнением почвы тяжелыми металлами могут быть физическими, химическими и биологическими. Среди них можно выделить следующие способы:

- Увеличение кислотности почвы повышает возможность загрязнения ее тяжелыми металлами. Поэтому внесение органических веществ и глины, известкование помогают в какой-то мере в борьбе с загрязнением.
- Посев на поверхности почвы некоторых растений, например клевера, существенно снижает концентрацию тяжелых металлов в почве. К тому же данный способ является совершенно экологичным.
- Прогнозирование и устранение миграции растворимой формы тяжелых металлов.
- На сильно поврежденных почвах вблизи отвалов и хранилищ отходов цветной металлургии, ТМ удаляют из загрязненного слоя (10-30 см) путем перевода их соединений в подвижную форму и дальнейшего промывания раствором $FeCl_3$ в кислой среде. Однако механическое перемещение и промывка достаточно дороги, поэтому чаще более дешевые способы, например, внесение веществ-инактиваторов. Так, при применении меркапто-8-триазина прочно фиксируются кадмий, свинец, ртуть и никель, а элементы питания – кальций, магний, калий и др. при этом не закрепляются.

- Защитным эффектом обладает и известкование почв. При этом происходит нейтрализация среды и образование коллоидов гидроксидов тяжелых металлов, находящихся в почвенном растворе.
- Важное место в детоксикации тяжелых металлов отводится органическим удобрениям, которые выступают адсорбентами ионов ТМ. В качестве поглотителей ТМ используют и глинистые минералы (монтмориллонит, вермикулит).
- Сорбция минералами с высокой ёмкостью катионного обмена и смесью сорбентов. Однако сорбция тяжёлых металлов сорбентами и перевод их в труднорастворимые осадки приводят к созданию депонирующих сред, т.е. создаются отложенные негативные последствия.

Наиболее экологичным и наимение затратным из всех способов является метод фиторемедиации (удаление загрязнителей с помощью растений).

Интерес к развитию технологий очистки почв, загрязненных тяжелыми металлами, с помощью растений (фиторемедиация, фитоэкстракция) особенно возрос в последние несколько лет. Фиторемедиация (этот способ в литературе иногда называют также фитопротекторным) заключается в выращивании в течение определенного периода времени на загрязненных почвах специально подобранных видов растений, способных извлекать из почвы тяжелые металлы корневой системой и накапливать их в надземной части, которая впоследствии пожинается и утилизируется. В общем виде технология фитоэкстракции тяжелых металлов из загрязненных почв включает два этапа: подготовительный и собственно фитоэкстракцию. Прежде всего, проводятся работы по идентификации загрязненного участка почв, что включает отбор проб, их аналитические исследования и сравнение релевантных концентрация тяжелых металлов и существующими нормативами. Особое внимание уделяется установлению форм нахождения металлов в почвах, особенно доступных растениям. Затем осуществляется поиск и подбор концентрирующих металлы

растений, характерных для данных почвенноклиматических условий и типа загрязнения. Эти растения должны отвечать следующим требованиям: быть толерантными к высоким концентрациям металлов, способны активно поглощать их в значительных количествах и эффективно транспортировать из корневой системы в надземную пожинаемую часть, одновременно интенсивно и максимально накапливаясь в ней, отличаться быстротой роста и производить большую биомассу, глубоко разрастающуюся корневую систему, иметь высокую сопротивляемость к болезням и вредителям, выращиваться при обычной агротехнике, быть удобными для уборки и не привлекательными для домашних и диких животных, чтобы не вызвать случаи отравления и не послужить причиной включения металлов в пищевые цепи.

Существуют растения, которые способны очень быстро и в значительных количествах концентрировать тяжелые металлы. Например, болгарские исследователи установили, что всего лишь через неделю после высаживания растений Cannabis sativa (конопля), Polygonum aviculare и Lycopersicon esculentum (томаты) в почву, загрязненную отходами Пловдивского металлургического комбината, концентрации в них тяжелых металлов в несколько раз превышали допустимые уровни. Наиболее резко накапливались цинк, кадмий, свинец, концентрации которых в растительных тканях соответственно в 460, 433 и 397 раз превышали норматив, заметно меньше цинк. Особенно интенсивно все металлы, особенно свинец, концентрировались в листьях Cannabis sativa. Благодаря поступлению металлов в растения их содержание в почве уменьшилось на 40–87%

Обычно посев культур на загрязненном участке осуществляется несколько раз в течение вегетационного периода (обычно до 3-х раз). В случае постепенной фитоэкстракции растения-гиперконцентраторы накапливают металлы в течение полного цикла их роста и развития, но характеризуются низкой биомассой.

По окончанию процесса растения скашивают, надземную массу или сжигают в печах, снабженных фильтрами для улавливания соединений металлов, или подвергают захоронению на полигонах токсичных отходов.

Заключение

В ходе работы были выявлен и оценен уровень загрязнения тяжелыми металлами водоохранных зон реки Миасс, основной водной артерии города Челябинска. Установлены зависимости содержания тяжелых металлов от их свойств и предложены экологически обоснованные способы инактивации тяжелых металлов. Был проведен анализ химического состава грунтов водоохранных зон реки Миасс в пределах города Челябинска в четырех разных районах.

Установлено, что в местах отбора проб в зонах повышенного антропогенного воздействия промышленных предприятий имеются значительные превышения предельно допустимых концентраций цинка, меди, свинца и кадмия.