

Федеральное Государственное Бюджетное Образовательное
Учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет»
Институт Наук о Земле

ТИЛИЧКО Даниил Юрьевич

Выпускная квалификационная работа

Эколого-геохимическая оценка состояния акватории озера Дго и прилегающих территорий «Национального парка Смоленское Поозерье»

Уровень образования: бакалавриат
Направление 05.03.06 «Экология и природопользование»
Основная образовательная программа: СВ/05.03.06/1 «Экология и природопользование»
Профиль «рациональное природопользование»

Научный руководитель:
доцент кафедры экологической
геологии, канд. геол.-мин. наук,
Зеленковский П.С.

«__» _____ 2020

Рецензент: доцент кафедры
геологии и геоэкологии
факультета географии РГПУ им.
А.И. Герцена, канд. геол.-мин.
наук, Подлипский И.И.

«__» _____ 2020

Санкт-Петербург
2020

Оглавление

Введение.....	2
1. Литературный обзор.....	4
1.1. Национальные парки	4
1.2. Загрязнения природных сред тяжелыми металлами и методы их мониторинга.7	
1.2.1. Загрязнение почв тяжелыми металлами	7
1.2.2. Загрязнение донных осадков тяжелыми металлами	8
2. Физико-географический очерк	9
2.1. Описание участка проведения работ.....	9
2.2. Климат	10
2.3. Рельеф.....	11
2.4. Гидрология.....	12
2.5. Почвенный покров.....	12
2.6. Животный мир	13
2.7. Геологическая характеристика района озера Дго.....	14
3. Методы исследований.....	16
3.1. Методы полевых и лабораторных исследований	17
4. Результаты работ	23
4.1. Результаты исследований почвенного покрова	23
4.2. Результаты исследований донных осадков.....	27
5. Рекомендации к природопользованию и природоохранной деятельности.....	33
Заключение.....	35
Список использованной литературы.....	37

Введение

Национальный парк «Смоленское Поозерье» образован в 1992 году на территории Демидовского и Духовщинского районов Смоленской области «для сохранения природных комплексов в рекреационных, просветительских, научных и культурных целях». В 1999 году национальный парк получил статус ключевой орнитологической территории международного значения. В ноябре 2002 года - включен во Всемирную сеть биосферных резерватов ЮНЕСКО. В 2014 году парк вошел в число участников проекта «Изучение и восстановление зубра европейского в Центральной России». На территории национального парка планируется создание вольной популяции в соответствии со Стратегией сохранения зубра в России. Название национального парка «Смоленское Поозерье» связано с 35 большими и малыми ледниковыми озерами, расположенными на его территории [35].

Озера представляют собой сложные природные экосистемы, сочетающие в себе несколько комплексов. Отличительная их особенность заключается в быстром энерго- и веществообмене, высокой изменчивости во времени, на которую влияют природные условия, в которых находится водный объект (климат, условия увлажненности, вмещающие породы, биотические комплексы, формирующиеся как на берегах, так и в водной толще). Таким образом, малые озёра часто представляют собой формирования довольно высокого уровня сложности: даже в структуре небольших водоёмов можно выделить простые урочища, состоящие из фаций. Важнейшим условием является наличие антропогенного воздействия. Вместе с этим, озерные комплексы всегда являются элементами систем более высокого порядка, что проявляется посредством связей водоёмов с окружающими ландшафтами. Развитие озерных комплексов в условиях антропогенной нарушенности отличается от развития их природных аналогов, что приводит к формированию новых сложных систем со своеобразной структурой.

С течением времени, интенсивностью освоения территорий возникает необходимость как хозяйственного, так и рекреационного использования озер и прилегающих территорий. Любой природно-территориальный комплекс, ядром которого является водный объект, представляется ценным для создания зон отдыха, и важнейшей задачей в этом случае является сохранение исходного природного облика ландшафта. Ввиду этих обстоятельств меняется структура, режим и динамика территорий, поэтому проблема изучения озерных комплексов актуальна сегодня [9, 13].

Национальный парк «Смоленское Поозерье» является главным рекреационным ресурсом Смоленской области, проведение постоянного экологического мониторинга необходимо для предотвращения экологических проблем.

Цель исследовательской работы: эколого-геохимическая оценка состояния акватории озера Дго и прилегающих территорий национального парка «Смоленское Поозерье».

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Проведение полевых работ на территории национального парка «Смоленское Поозерье» в 2016-2017 и 2019 годах. Отбор образцов почв и донных отложений (озеро Дго) и проведение аналитических работ на территории СПбГУ (ресурсный центр СПбГУ «Геомодель»);

2. Проведение первичного анализа результатов анализа, расчет коэффициентов концентрации по отношению к фоновому содержанию;

3. Оценка состояния компонентов среды - почва, донные отложения; выявление закономерностей распространения содержаний исследуемых элементов в смежных средах;

4. Разработка рекомендации по природоохранной деятельности на территории проведенных работ

Выполнение полевого этапа обеспечила производственная практика автора, пройденная в августе 2016, сентябре 2017 и сентябре 2019 годов с преподавателями кафедры экологической геологии Подлипским И.И. и Зеленковским П.С.. Геохимическое исследование проб и камеральная обработка материалов была обеспечена ресурсным центром СПбГУ «Геомодель».

1. Литературный обзор

1.1. Национальные парки

Современное понятие национального парка раскрывается в ст. 12 Федерального закона от 14 марта 1995 г. № 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях», согласно которой национальные парки определяются как природоохранные, эколого-просветительские и научно-исследовательские учреждения, территории или акватории которых включают в себя природные комплексы и объекты, имеющие особую экологическую, историческую и эстетическую ценность, и предназначены для использования в природоохранных, просветительских, научных и культурных целях для регулирования туризма [28].

Данное понятие указывает на то, что национальный парк является учреждением, т.е. субъектом права, которое не имеет цели своей деятельности в качестве извлечения прибыли. Основные задачи и функции национальных парков, а также основы механизма правовой охраны объектов, расположенных на территории национальных парков, закреплены в Конвенции об охране всемирного культурного и природного наследия от 16 ноября 1972 г [11].

Понятие национального парка является производным от понятия «особо охраняемая природная территория», одной из категорий особо охраняемых природных территорий, указанных в ст. 2 Закона, с особыми задачами и целями, присущими национальным паркам, и способами их достижения [28].

Рекреационная деятельность – одно из важнейших направлений деятельности национального парка. Но в то же время существует и отрицательное значение туризма и отдыха, проявляющееся в нерациональном использовании природных ресурсов и ухудшении объектов природного и культурного наследия. Отсюда следует, что природа подвергается негативному воздействию со стороны человека.

Согласно российскому закону, в национальных парках может быть выделено 7 функциональных зон: заповедная, особо охраняемая, познавательного туризма, рекреационная, охраны историко-культурных объектов, обслуживания посетителей, хозяйственного назначения [28].

На территории «Смоленского Поозерья» установлен дифференцированный режим охраны с учетом природных и историко-культурных особенностей. В соответствии с этим, на территории национального парка выделены следующие функциональные зоны (рис. 1):

Карта-схема функционального зонирования территории национального парка «Смоленское Поозерье»

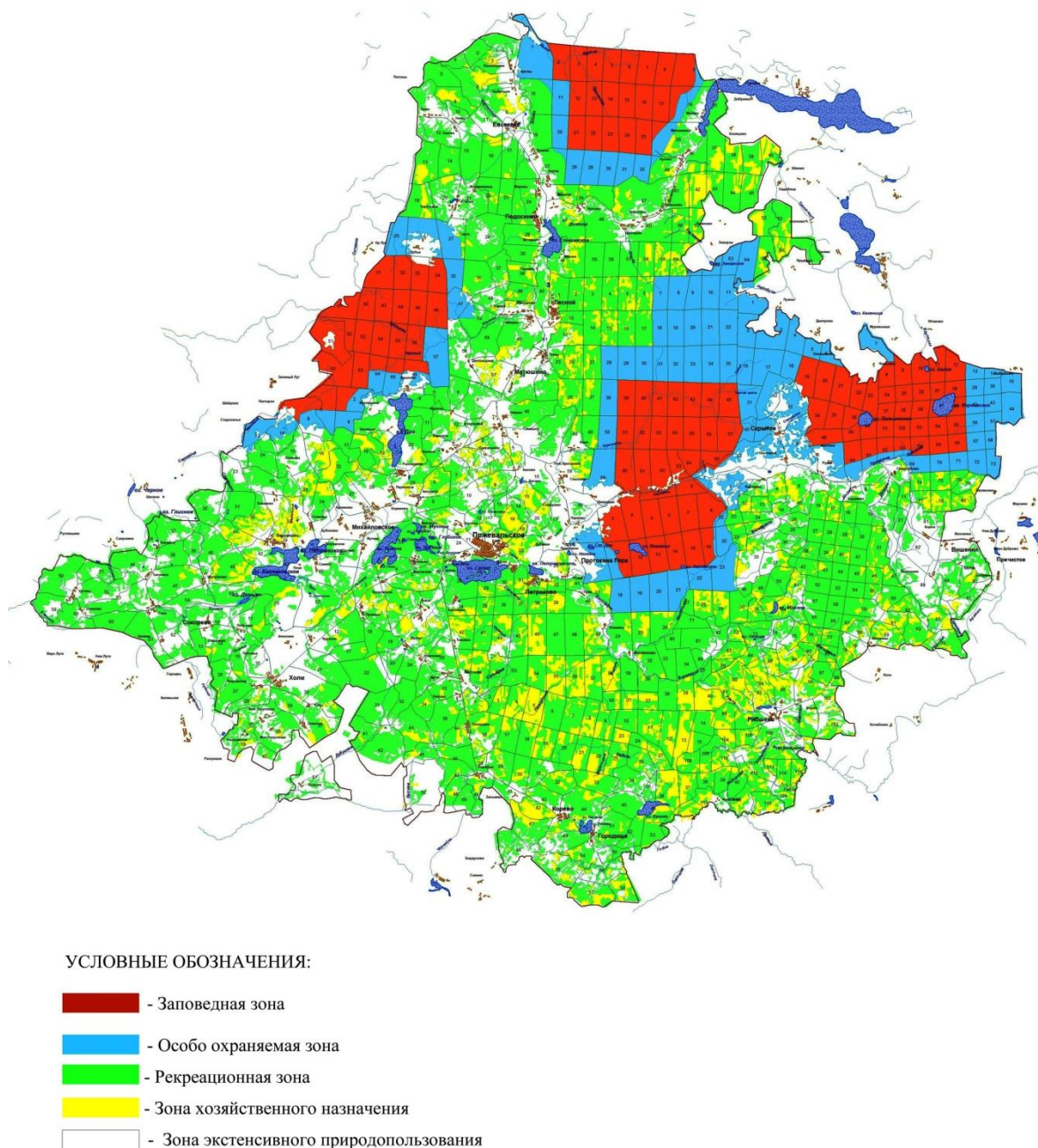


Рисунок 1. Районирование Национального парка [35].

1. Заповедная зона. Эта зона включает в себе участки, которые имеют повышенный научный и наблюдательный интерес. Характеризуется полным невмешательством человека. Охранный режим должен полностью исключать как рекреационное, так и хозяйственное воздействие. Допускается проведение экологического мониторинга, научных исследований и других природоохранных мероприятий.

2. Особо охраняемая зона. В состав этой зоны входят наиболее значимые в научном и экологическом отношении природно-территориальные комплексы национального парка. Это буферная территория для заповедной зоны, обеспечивает условия для сохранения окружающей среды. Режим охраны направлен на сохранение типичных и уникальных сообществ. Обеспечивает сохранность объектов, которые отличаются высокой степенью уязвимости. Вместе с заповедной зоной образует экологическое ядро национального парка.

3. Рекреационная зона. В эту зону входят участки, отличающиеся наиболее благоприятными сочетаниями рекреационных ресурсов с специально оборудованными местами отдыха населения. Природоохранные работы направлены на защиту леса и на компенсацию неблагоприятного воздействия на природные сообщества, в условиях данной зоны.

4. Зона хозяйственного назначения. В эту зону включаются земли, которые не изъяты из хозяйственного использования. Природоохранная деятельность направлена на регулирование природных ресурсов и контролем за соблюдение правил и норм природопользования. В рамках этой зоны может быть выделена зона экстенсивного природопользования, где допускается традиционная хозяйственная деятельность.

5. Зона экстенсивного природопользования. На данной территории по разрешению и согласованию с администрацией национального парка допускается ограниченная хозяйственная деятельность с целью обеспечения жизнедеятельности граждан, постоянно проживающих (не менее 9 месяцев в году) на его территории.

Оценка качества окружающей среды, особенно на территории национального парка, становится принципиально важной задачей, как при планировании, так и при осуществлении любых мероприятий по природопользованию, охране природы и обеспечению экологической безопасности. Проведение оценки качества среды, ее благоприятности для человека необходимо для разработки стратегии рационального использования, определения предельно допустимых нагрузок, определения состояния природных и рекреационных ресурсов.

Территория любого национального парка характеризуется неоднородностью, которая характеризуется разнообразием природных и техногенных комплексов. Возникает задача в эффективном управлении и охране всех территориальных комплексов. Эту задачу решает функциональное зонирование территории с разделением территории национального парка на зоны с различным режимом охраны.

1.2. Загрязнения природных сред тяжелыми металлами и методы их мониторинга

Тяжелые металлы – одни из самых распространенных поллютантов. Они могут распространяться на большие расстояния, например, аэральным путем. В сельскохозяйственные угодья тяжелые металлы попадают от органических и минеральных удобрений, средств защиты растений. В различных источниках перечни элементов, относящихся к группе тяжелых металлов, разнятся [4]. Чаще всего приводят список из 19 элементов: Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Mo, Cd, Sn, Sb, Te, W, Hg, Tl, Pb, Bi. В этом списке присутствует сурьма, которая является металлоидом. К перечню также стоит добавить такой металлоид как мышьяк.

В данной работе в качестве объектов исследования были выбраны две природные среды: почва и донные осадки. Остановимся более подробно на особенностях загрязнения тяжелыми металлами каждой из них.

1.2.1. Загрязнение почв тяжелыми металлами

Почва является незаменимым, исчерпаемым, относительно возобновимым природным ресурсом. К сожалению, правила рационального использования почвенных ресурсов соблюдаются далеко не всегда. Особенно такая ситуация может наблюдаться на территориях до создания национального парка. В результате, почва теряет свое плодородие быстрее, чем она успевает восстанавливаться.

Изучение почвенного покрова направлено на оценку почвы выполнять функцию, обеспечивающую стабильность отдельных биоценозов и биосферы в целом.

Наиболее полны исследование состояния загрязненных почв, будет в том случае, если будут определены следующие показатели [7]:

- Прямые показатели загрязнения почв: валовое содержание поллютантов, мощность загрязненного слоя и др.;
- Показатели загрязнителей: активность почвенных ферментов, скорость основных микробиологических процессов, численность почвенных микроорганизмов и структура микробиоценоза, содержание подвижных соединений азота и фосфора, фитотоксичность и др.;
- Показатели устойчивости почв к загрязнению: емкость почвенного поглощающего комплекса, содержание и запасы гумуса, щелочно-кислотные условия, окислительно-восстановительные условия и др.

Определение всего комплекса показателей загрязнения является очень трудоемкий и дорогостоящим мероприятием и возможно только в редких случаях. Целесообразным является определить узкий набор показателей, достаточно объективно отражающих последствия загрязнения. Очевидно, что это должны быть показатели

изменения свойств почв под воздействием загрязнителей, поскольку степень их изменения уже зависит от параметров загрязнения и от устойчивости почв к загрязнению. Из показателей изменения свойств, следует предпочтение биологическим показателям, так как они первыми реагируют на антропогенное воздействие [12].

1.2.2. Загрязнение донных осадков тяжелыми металлами

Донные отложения – минеральные и органические вещества, отложившиеся на дне океанов, морей, озер, рек в результате физических, химических и биологических процессов. Донные отложения отбирают для определения характера, степени и глубины проникновения в них загрязняющих веществ, изучения закономерностей процессов самоочищения, выявления источников вторичного загрязнения и учета воздействия антропогенного фактора на водные системы [3].

Накопление загрязняющих веществ в донных отложениях является одной из причин временного выведения их из круговорота и самоочищения водной среды, но загрязнения экосистемы при этом сохраняется, а при определенных условиях донные отложения могут выступать в роли источника вторичного загрязнения воды. В связи с этим, одним из наиболее важных критериев оценки состояния экосистемы является отсутствие накопления химических элементов в донных отложениях озер, особенно в зоне рекреационной деятельности.

Способ отбора проб донных отложений выбирают в зависимости от свойств определяемых веществ и поставленной задачи. Для оценки сезонного поступления загрязняющих веществ и их поверхностного распределения загрязняющих веществ по годам, донные отложения отбираются послойно. При оценке влияния сточных вод на степень загрязненности донных отложений и динамики накопления загрязняющих веществ в них пробы отбирают выше и ниже места сброса в характерные фазы гидрологических режимов изучаемых объектов [24].

Формирование донных отложений – процесс многофакторный, определяемый соотношением аллохтонных и автохтонных источников поступления седиментационного материала, его транспортом, переработкой и осаждением в водоеме, обусловленным гидрологическим режимом (уровненным, скоростным, ветроволновым) и режимом регулирования [12].

2. Физико-географический очерк

2.1. Описание участка проведения работ

Озеро, находится в 6 км северо-западнее пос. Пржевальское (Демидовский район). Ледниковое, ложбинное. Площадь 234 га, максимальная глубина 15 м. Абсолютная отметка уровня – 196,5 м. Площадь водосбора – почти 14 кв.км, объем воды 11800 тыс.м³. Через р.Ильжицу связано с р.Ельшой (бассейн р.Межи). Расположено в понижении живописного валдайского холмисто-моренного рельефа, поросшего лесом. В озере много рыбы: лещ, щука, окунь и др. На Дго 3 острова. На самом большом южном находится один из крупных (длина - 4,2 м, ширина 250 см, высота над поверхностью земли 125 см) валунов (красный гранит), несущий следы культовой истории. Имеет рекреационное значение. Памятник природы в пределах национального парка "Смоленское Поозерье" [17].

Вокруг озера оборудовано 5 туристических стоянок (рис. 2), в южной части имеются туристические тропы и маршруты (помимо действующих ведется активная разработка новых) [35].

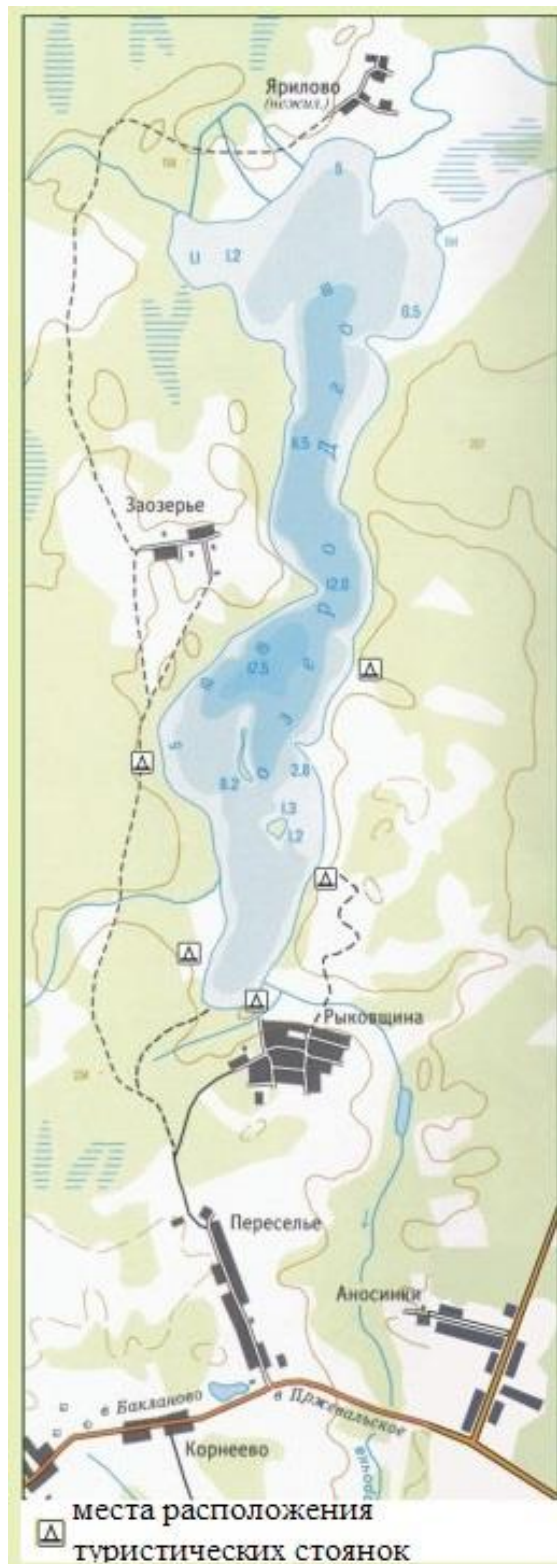


Рисунок 2. Карта-схема расположения туристических стоянок.

2.2. Климат

Климат умеренно континентальный. Среднегодовая температура воздуха 4,4-4,6°C, самого теплого месяца – июля 17,0-17,5°C, а самого холодного месяца – января минус 8°C (рис. 3). Продолжительность безморозного периода в среднем составляет 135-140 дней. Вегетивный период длится 177-180 дней. Первые заморозки

встречаются в первой половине ноября. Зима начинается в ноябре и длится 5 месяцев. Устойчивый снеговой покров обычно держится с конца ноября – начала декабря и до третьей декады марта. Продолжительность устойчивого снегового покрова 125 дней. Максимальная глубина промерзания почвы в среднем от 0,4 до 1,0 м. Зимой преобладает облачная погода, частые метели, преобладающие ветры юго-западные. Начало весны определяется наступлением средней суточной температуры минус 5 °С. Преобладающие ветры в летнее время западные и северо-западные. Осень характеризуется пасмурной погодой, с часто моросящими дождями. В сентябре-октябре нередко теплая сухая погода, хотя в отдельные годы в октябре бывают заморозки и даже морозы. Годовая сумма осадков в среднем равна 650 мм. Наибольшее количество осадков выпадает в летнее время (до 375 мм.), минимум приходится на зиму.



Рисунок 3. Изменение температуры и количества осадков в течении года [27].

2.3. Рельеф

В рельефе парка проявляются многочисленные следы Валдайского оледенения. Характерно множество озер, по которым, собственно, и дано название парку. Наряду с холмами, грядами, озами, камами, свойственными краевым ледниковым образованиям, широко представлены холмистые морены и слабоволнистые зандровые равнины, плоские озерно-ледниковые низины. Леса занимают более 80% территории парка. Здесь распространены коренные, преимущественно елово-широколиственные леса, относящиеся к Евроазиатской таежной области. Самый большой массив старых елово-широколиственных лесов – 359 га – расположен в Куров-Борском лесничестве [18].

2.4. Гидрология

Территория парка относится к бассейну р. Западная Двина, полностью включая небольшие реки-притоки 3-4 порядка и их истоки. В национальном парке расположено 35 озер. Основная часть их (около двух десятков) относится к наиболее крупной Пржевальской группе (площадь 13 км²). Все они приурочены к краевым образованиям ледника Слободской возвышенности. Самыми крупными являются Сапшо, Баклановское, Рытое, Дго, Петровское, Лошамье. Средняя глубина озер 5-6 м, максимальная - 29 м (озера Баклановское, Лошамье). Котловины ледниковых озер имеют различное происхождение. Наиболее распространены котловины термокарстового происхождения, отличающиеся, как правило, значительной глубиной, неопределенной формой, неровным дном.

Наиболее крупной рекой является р. Ельша, впадающая в р. Межу – первый наиболее многоводный приток верхнего течения р. Западной Двины. Бассейн р. Ельши занимает более 80% всей площади парка. Лишь самый юг и западная его часть относятся соответственно к бассейнам рек Гобзы и Половья. Небольшая часть данной территории вдоль западной границы относится к бассейнам р. Сертейки и других небольших рек, впадающих в р. Межу.

Основной рекой юго-запада национального парка является р. Половья, с наиболее крупными притоками р. Брус и р. Демьянка. Имея связь с оз. Петровское, Рытое и Баклановское, р. Половья отличается высокой полноводностью с самого начала.

Истоками ряда рек являются озера: оз. Петраковское – р. Ельша, оз. Щучье – р. Должица, оз. Дго – р. Ильжица, оз. Рытое – р. Половья, оз. Баклановское – р. Брус. На этих реках нечасто бывает высокий подъем воды в весенние половодья и в летне-осенние паводки, в меженные же периоды расходы воды выше, чем на других реках.

2.5. Почвенный покров

Почвы НП «Смоленское Поозерье» относятся к южно-таежной подзоне дерново-подзолистых почв прибалтийской провинции. Почвообразующими породами служат преимущественно ледниковые отложения, валунные суглинки, супеси, флювиогляциальные пески, озерно-ледниковые отложения.

Лёссовидные суглинки наблюдаются на всех важнейших водоразделах, развиты на абсолютных высотах 200-250 м. Мощность их изменчива и колеблется от 30-40 см до 5-6м. Лёссовидные суглинки в центре залегания наиболее мощные и наименее опесчаненные. В верхней части выделяется элювиальный горизонт.

Песчаные валунные суглинки и супеси по своему генезису представляют собой валунно-суглинистый и валунно-супесчаный элювий морены. Элювиально-моренные супеси – маломощные (40-70см), всегда входят в толщу почвенного профиля.

Водно-ледниковые супеси обычно маломощны (40-70см), подстилаются моренным суглинком, чаще с промежуточным прослоем песков, в результате почвообразующая порода оказывается двухчленной и трёхчленной:

1. Супесь различной мощности.
2. Песок, обычно маломощный.
3. Моренный суглинок.

Аллювиальные и озёрно-болотные отложения приурочены к современным поймам рек, представлены различными аллювиальными породами: песками, супесями и суглинками, очень редко глинами.

Озёрно-болотные отложения исследованы очень мало.

В составе почвенного покрова выделены почвы подзолистого, болотно-подзолистого и болотного типов. По данным предыдущих работ в изучаемом районе преобладают супесчаные подзолистые и дерново-подзолистые почвы, с разной степенью оподзоливания и толщиной гумусового горизонта. В большинстве почвенных разрезов наблюдается отчетливое разделение профиля на элювиальный и иллювиальный горизонты [26].

2.6. Животный мир

На территории парка зарегистрированы 290 видов позвоночных животных: 57 видов млекопитающих, 190 – птиц, 5 – пресмыкающихся, 10 – земноводных, 28 видов рыб. Фауна наземных позвоночных животных представляет собой комплекс видов, по своему происхождению связанный с соседними природными зонами тайги, западных широколиственных лесов, лесостепи и степи. Например, в фауне млекопитающих наряду с 20 широко распространенными видами (волком, лисицей, лаской, горностаем и др.) присутствуют степные и лесостепные (обыкновенная полевка, полевая мышь, обыкновенный хомяк, заяц-русак), а также таежные (крошечная бурозубка, летяга и др.) виды.

В парке могут быть встречены некоторые виды птиц, занесенные в Красную книгу Российской Федерации: скопа, беркут, орлан-белохвост, змеяед, сапсан, черный аист, однако их численность очень низка. Стали редкостью лебедь-кликун, серый гусь, кобчик, перепел, серая куропатка, белая куропатка, серый журавль, дупель, филин, зимородок и некоторые другие виды птиц.

В реках, ручьях и озерах парка встречаются некоторые ценные виды рыб: сиг, кумжа и ручьевая форель, а также обыкновенный подкаменщик, занесенный в Красную книгу Российской Федерации. Некоторые особенности населения беспозвоночных животных водоемов (в частности, обилие оксифильных форм) и состав ихтиофауны свидетельствуют об относительно экологическом благополучии водной среды этого региона.

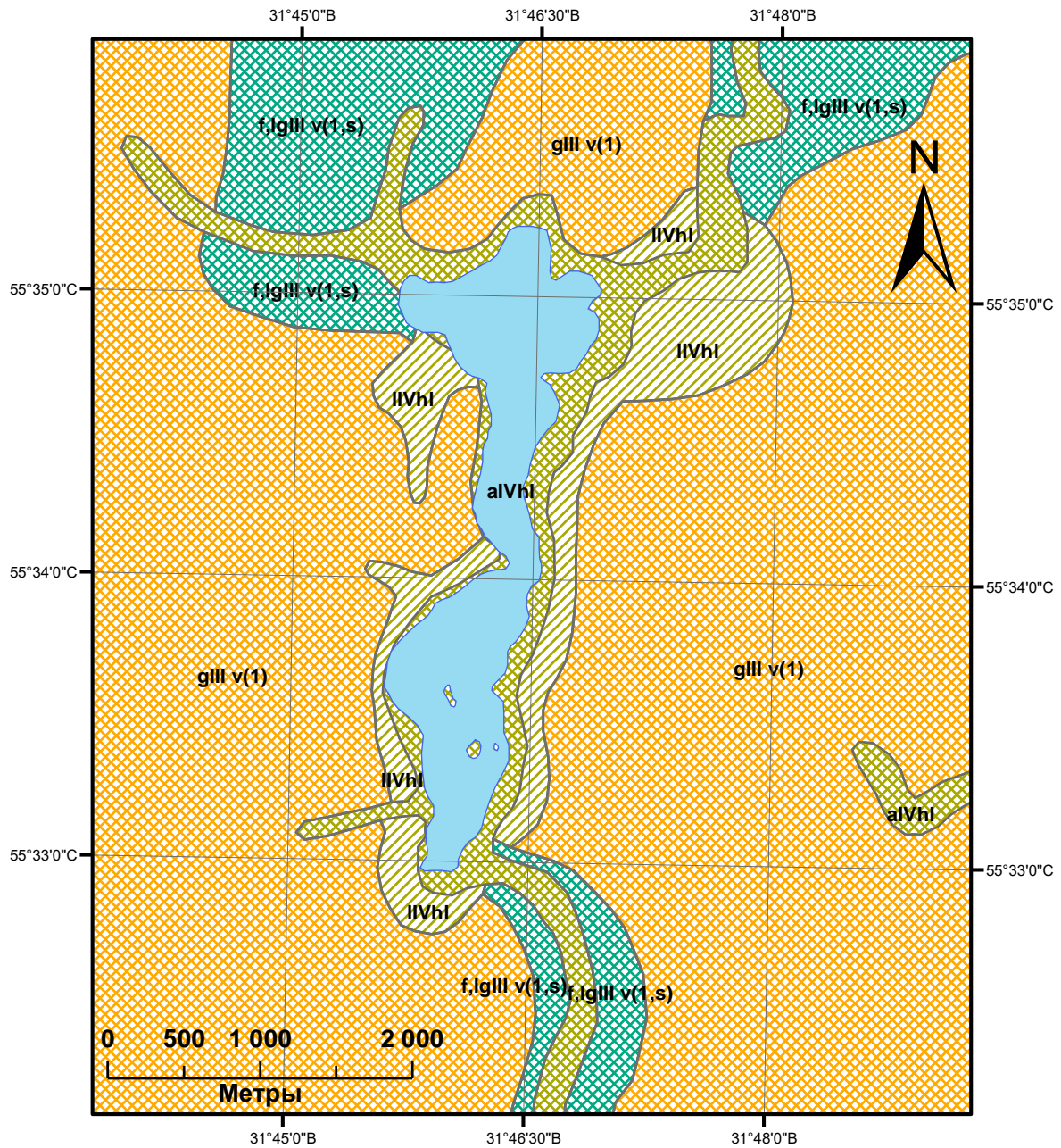
К видам, включённым в красную книгу международного союза охраны природы, относятся животные из таких отрядов как грызуны: летяга, белка обыкновенная, бобр речной, лесная соня, соня орешниковая, мышовка лесная, мышь-малютка; хищные: норка европейская, выдра; рукокрылые: вечерница рыжая, ушан бурый [32].

2.7. Геологическая характеристика района озера Дго

Нижне-верхневалдайские отложения представлены ледниковыми и озерными отложениями, залегающими между двумя валдайскими моренами. Средняя мощность отложений 5-10 м. Представлены межморенные отложения на большей части территории желтыми и желтовато-серыми мелкозернистыми хорошо сортированными песками и серыми тонкослоистыми слюдистыми супесями. Значительно реже встречаются коричневые плотные безвалунные глины [18].

В районе озера Дго водноледниковые отложения сложены тонкими темно-серыми слюдистыми суглинками, алевритами и тонкими песками с гравием и галькой в основании.

Также важное значение занимают водноледниковые отложения раннего этапа отступления ледника. В состав этого комплекса входят озерно-ледниковые и флювиогляциальные отложения, представленные песками, супесями, алевритами, глинами и ленточными глинами. Пески желтые, ярко-желтые, желтовато-серые, мелко-среднезернистые, сильно слюдистые, иногда с единичными гравийными зернами и галькой кристаллических пород. Глина красновато-коричневые, кирпично-красные, тонкодисперсные, пластичные, местами карбонатные, с включением известковистых жгутиков. Участками в глинах встречается рассеянная галька и мелкие валуны кристаллических и осадочных пород. Мощность 3-5 метров. В целом, четвертичные отложения района озера Дго можно разделить на 4 типа, представленных на рисунке 4 [18].



Легенда

- Озера
- aIVhI - Озерные отложения. Пески, супеси, реже глины.
- IIvhi - Ледниковые отложения. Суглинки, супеси, пески.
- f,IgIII v(1,s) - Водноледниковые отложения. Пески, глины.
- gIII v(1) - Аллювиальные отложения. Пески, суглинки.

Рисунок 4. Карта четвертичных отложений района озера Дго.

3. Методы исследований

При комплексной оценке состояния природной среды анализируется содержание химических веществ в различных её компонентах.

Одни компоненты являются очень динамичными и быстро реагируют на залповые выбросы загрязняющих веществ (воздух, вода, растения-индикаторы). Методики исследования таких сред обычно используются для отслеживания моментальных и долговременных выбросов загрязняющих веществ от крупных промышленных или хозяйственных объектов, которые служат источниками серьезного антропогенного воздействия.

Другие методики направлены на изучение буферных природных сред, анализ которых позволяет интегрально оценить изменения наземных и водных экосистем, накопленные за длительный промежуток времени. Такой способ оценки состояния окружающей среды применяется на исследуемом участке НП «Смоленское Поозерье», так как район озера Дго является селитебной территорией с хозяйственными объектами с достаточно низкой антропогенной нагрузкой (территория ООПТ с охранным режимом).

На данном этапе разработки системы эколого-геохимического мониторинга необходимо определить исходное (фоновое) состояние природных компонентов данного участка, так как оперативный контроль изменений окружающей среды невозможен без выполнения данной задачи.

Территория парка находится под специальным охранным режимом с 1992 года, до этого периода она интенсивно использовалась в хозяйственных целях. Поэтому на данном этапе важно оценить степень накопленных изменений окружающей среды за предыдущий период, а также интенсивность воздействия хозяйственных объектов, находящихся на территории исследуемого района. Для определения концентраций химических элементов в ходе комплексного эколого-геохимического исследования были выбраны такие природные среды как почвы и донные осадки.

Донные отложения и почвы являются депонирующими средами, отражающими состояние наземных и водных экосистем в течение долгого периода времени.

Комплексный эколого-геохимический мониторинг включает в себя определение концентраций в природных компонентах таких важных поллютантов как тяжелые металлы (ТМ), которые служат важными показателями антропогенного воздействия на экосистемы. Они обладают высокой токсичностью для живых организмов даже при малых содержаниях, а также способны к биоаккумуляции.

3.1. Методы полевых и лабораторных исследований

Работы в августе 2016, сентябре 2017, сентябре 2019 и феврале 2020 годов проводились на часть территории водосбора озера Дго. Для постановки дальнейших мониторинговых работ производилось опробование и описание почв и донных осадков участка исследования.

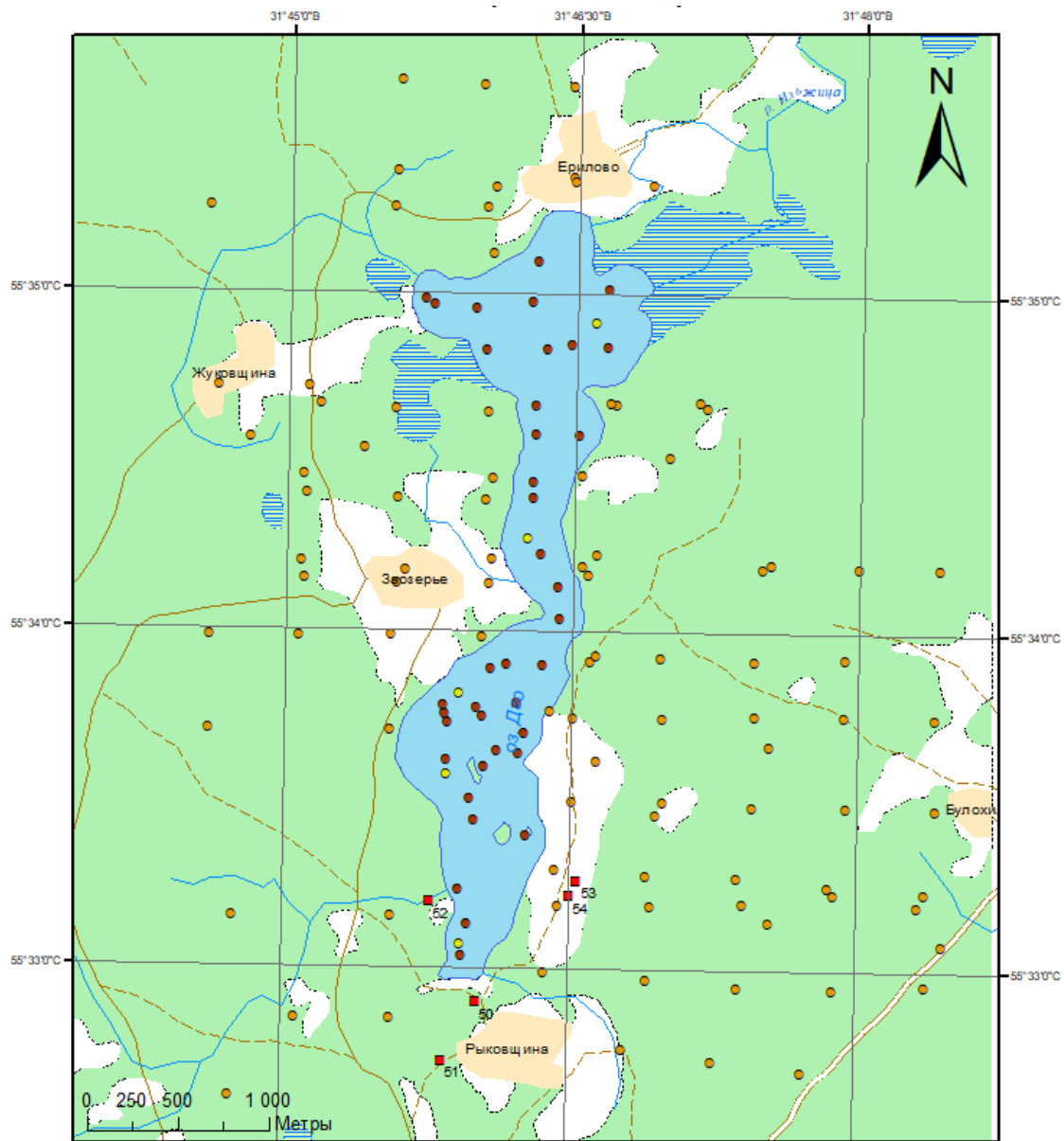
3.1.1. Методика отбора проб почв

Опробование почв (для химического анализа) на территории части площади водосбора оз. Дго проводилось по сети с шагом 500×500 м методом «конверта» размер пробной площадки и глубина отбора определялись с таким расчетом, чтобы проба представляла собой часть почвы, типичной для генетических горизонтов или слоев данного типа почвы в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83 «Общие требования к отбору проб» п. 6 и ГОСТ 17.4.4.02-84 «Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа» п. 3.1, 3.2, 3.3. Расположение точек отбора проб почв представлено на рисунке 5.

Сеть точек пробоотбора неоднородна из-за нескольких факторов. Одним из них является наличие в районе исследования участков заброшенных («вымерших») поселений (Ярилово, Заозерье, Жуковщина и Булохи) и жилого поселка Рыковщина (рис. 5). На данных участках могут проявляться следы более раннего и современного антропогенного воздействия, выявление которых также является одной из задач исследования.

Еще одним фактором, влияющим на неоднородность сети опробования, является факт проектирования новых туристических маршрутов. Для оценки естественного состояния почв и возможности дальнейшего мониторинга пробы отбирались на участках проектируемых троп.

Помимо отбора проб почв методом конверта, закладывались почвенные разрезы. Для этого были отмечены территории с различным растительным покровом и, по возможности, на разных подстилающих породах, руководствуясь картой четвертичных отложений территории района озера Дго. Пробы почв из разрезов отбирались через каждые 10 сантиметров и при смене генетических горизонтов. Закладка почвенного разреза и отбор проб проводились в соответствии с ОСТ 56-81-84 «Полевые исследования почвы. Порядок и способы проведения работ, основные требования к результатам». Расположение почвенных разрезов представлено на рисунке 5.



Легенда

- | | | | |
|---|---|-------|-------------------------|
| ● | Стратифицированные колонки донных отложений | — | Асфальтированная дорога |
| ■ | Почвенные разрезы | - - - | Лесная дорога |
| ● | Точки отбора проб почвы | — | Проселочная дорога |
| ● | Точки отбора проб донных осадков | ▨ | Болото |
| — | Река | ■ | Лес |
| ■ | Озеро | - - - | Луг |
| ■ | Деревня | | |

Рисунок 5. Карта местности с расположением точек пробоотбора.

3.1.2. Методика отбора проб донных осадков

Для характеристики водного объекта был произведен отбор образцов донных осадков, которые являются конечным депо миграции загрязнений и хорошим маркером эколого-геологической ситуации на территории водосбора. Пробы донных осадков отбирались с лодки дночерпателем Ван Вина по всей площади озера в соответствии с ГОСТ 17.1.5.01-80 «Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность». Расположение точек отбора проб донных отложений представлено на рисунке 5.

Помимо нестратифицированных проб было отобрано 5 стратифицированных колонок до 1,5 м глубиной от поверхности дна при помощи пробоотборника ГОИН 1,5. Непосредственно образцы на анализ отбирались с каждой 10 см колонки или при выраженной смене слоев (рис. 6) в соответствии с ГОСТ 17.1.5.01-80 «Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность». Расположение точек пробоотбора представлено на рисунке 5.



Рисунок 6. Стратифицированная колонка донных отложений озера Дго.

Таким образом, в ходе полевых работ 2016, 2017, 2019 и 2020 годов на оз. Дго было отобрано 209 проб, виды которых указаны в таблице 1.

Таблица 1.

Виды и количество отобранных проб

Донные осадки	38 шт.
Почвы	93 шт.
Стратифицированные донные осадки	50 шт. (5 колонок)
Пробы почв из почвенных разрезов	28 шт. (5 разрезов)
Всего:	209 шт.

3.1.3. Методы определения химического состава отобранных проб

Аналитические работы проводились рентгено-флуоресцентным методом на базе ресурсного центра СПбГУ «Геомодель» в соответствии с ГОСТ 33850-2016 «Определение химического состава методом рентгенофлуоресцентной спектрометрии». Все отобранные пробы исследовались на следующие тяжелые металлы: Pb, Zn, Cu, Ni, Fe, Mn. Данные элементы были выбраны на основе ранее проведенных на данной территории исследований, как наиболее показательные и интерпретируемые для данных компонентов среды [25].

Рентгено-флуоресцентный анализ (РФА) – один из наиболее популярных в экологии методов анализов, определяющий с достаточно высокой точностью (параметры прибора представлены в таблице 2) широкий ряд химических элементов, включая целый ряд тяжелых металлов, которые необходимы в нашем исследовании [30].

Таблица 2.

Порог обнаружения и погрешность при измерении концентрации тяжелых металлов в почвах и донных отложениях.

Параметры прибора	Тяжелые металлы					
	Pb	Zn	Cu	Fe	Ni	Mn
Порог обнаружения, мг/кг	10	10	10	100	10	50
Погрешность измерений, %	5	5	5	5	5	5

РФА основан на сборе и анализе спектра, возникающем при облучении материала рентгеновским излучением. При взаимодействии исследуемого вещества с рентгеновским излучением, атомы вещества переходят в возбужденное состояние. В возбужденном состоянии атомы находятся очень малое время, но этого времени достаточно, чтобы возбужденный атом испустил квант энергии строго определенного значения. Значения квантов энергии зависит от самого атома, и количестве квантов судят о строении вещества.

В качестве источника рентгеновского излучения выступают как различные рентгеновские трубки, так и изотопы каких-либо элементов. Для различных групп элементов используются различные трубки с определенными значениями силы тока и напряжения.

После возбуждения атома и испускания кванта энергии, квант преобразуется в импульс напряжения, который регистрируется на специальном детекторе. Чем лучше спектральное разрешение прибора, тем лучше различается спектр разных элементов и, как следствие, более высокая аналитическая точность.

3.1.4. Статистические методы анализа полученных данных

На данный момент существуют различные подходы к оценке характера и однородности распределения химических элементов в почвах. Среднее содержание тяжелых металлов может рассчитываться как среднее арифметическое, среднее геометрическое или медианное. Из статистики известно, что параметрическое среднее значение адекватно отражает распределение с известными границами ряда. Однако глобальное распределение тяжелых металлов и металлоидов в почвах, образовавшихся на разных породах, не отвечает этому условию. Поэтому следует подсчитывать непараметрическое среднее; чаще всего определяют медиану. Геохимики еще в 60-годах XX в. рекомендовали при незакономерном статистическом распределении принять за среднее содержание тяжелых металлов и металлоидов медиану [29]. В настоящее время именно медиану используют для геохимической характеристики среднего содержания тяжелых металлов и металлоидов. Среднее арифметическое значение за счет единичных «ураганных» концентраций оказывается сильно завышенным по сравнению с медианным [10].

При изучении содержания тяжелых металлов и металлоидов в почвах «Смоленского Поозерья» оценивалась также однородность их распределения по площади изучаемого участка с помощью расчета коэффициента вариации (отношение стандартного отклонения к медиане, выраженное в процентах). В статистике считается, что если значение коэффициента вариации меньше или равно 33% выборка однородна.

Для элементов 1 и 2 классов опасности, распределение которых является достаточно неоднородным, рассчитываются коэффициенты концентрации по формуле 1 в различных точках:

Формула 1.

Формула расчета коэффициента концентрации.

$$K_k = K_t / K_f$$

K_f – фоновая концентрация элемента

K_t – концентрация элемента в исследуемой точке

Это позволяет оценить систематичность появления аномальных значений, а также выявить области интенсивного накопления тех или иных тяжелых металлов.

Оценка характера и однородности распределения тяжелых металлов в донных осадках осуществляется по тем же статистическим показателям, которые используются и для почв (медиана, среднее, коэффициент вариации, коэффициент концентрации).

Таким образом, после проведения аналитических работ по определению валового содержания тяжелых металлов в пробах по каждому из них были посчитаны следующие параметры: медиана, коэффициент вариации, коэффициенты концентрации в каждой точке пробоотбора и их среднее значение (относительного фонового содержания). Медианные значения будут являться также фоновыми для исследуемой территории.

4. Результаты работ

4.1. Результаты исследований почвенного покрова

Исследования почвенного покрова проводились на территории водосбора озера Дго, всего было отобрано 93 точечные пробы и 28 проб из 5 почвенных разрезов, расположение точек отбора проб представлено на рисунке 5 (см. главу 3). Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Результаты химического анализа почв прилегающих территорий озера Дго.

Исследуемые параметры	Тяжелые металлы					
	Ni	Pb	Zn	Fe	Mn	Cu
Среднее, мг/кг	18	16	40	21319	505	16
Минимум, мг/кг	5	5	5	11766	160	5
Максимум, мг/кг	42	40	174	48911	1238	69
Медиана (фоновая концентрация элемента), мг/кг	17	16	36	19245	461	14
Коэффициент вариации, %	50	28	63	39	59	88
ПДК/ОДК (супесч. и песч. почвы)*, мг/кг	20	32	55	-	1500	33

*ГН 2.1.7.2511-09

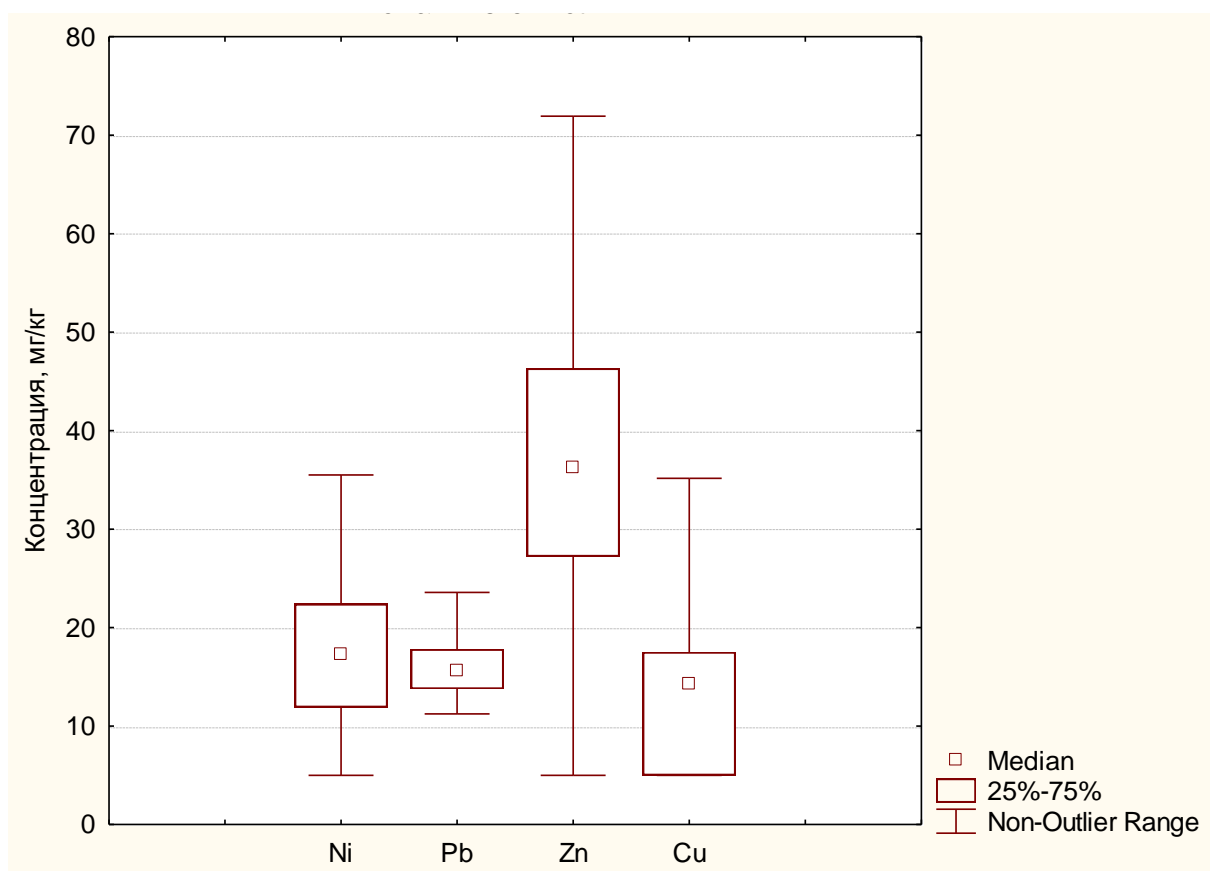


Рисунок 7. Диаграммы распределения тяжелых металлов (Ni, Pb, Zn, Cu) в почвах прилегающей территории озера Дго.

Исходя из диаграмм можно сказать, что закон распределения Ni, Pb, Zn и Cu близок к логнормальному, что говорит о естественной природе поступления основной массы данных элементов в почвы прилегающей территории озера Дго (рис. 7). Однако присутствуют точки, в которых содержания Zn и Cu более чем в 4 раза превышают фоновые.

По коэффициентам вариаций видно, что, выборки значений концентраций металлов неоднородны, присутствуют единичные превышения над предельно и ориентировочно допустимыми концентрациями (табл. 3).

Карта-схема распределения поллютантов в почвах прилегающей территории озера Дго

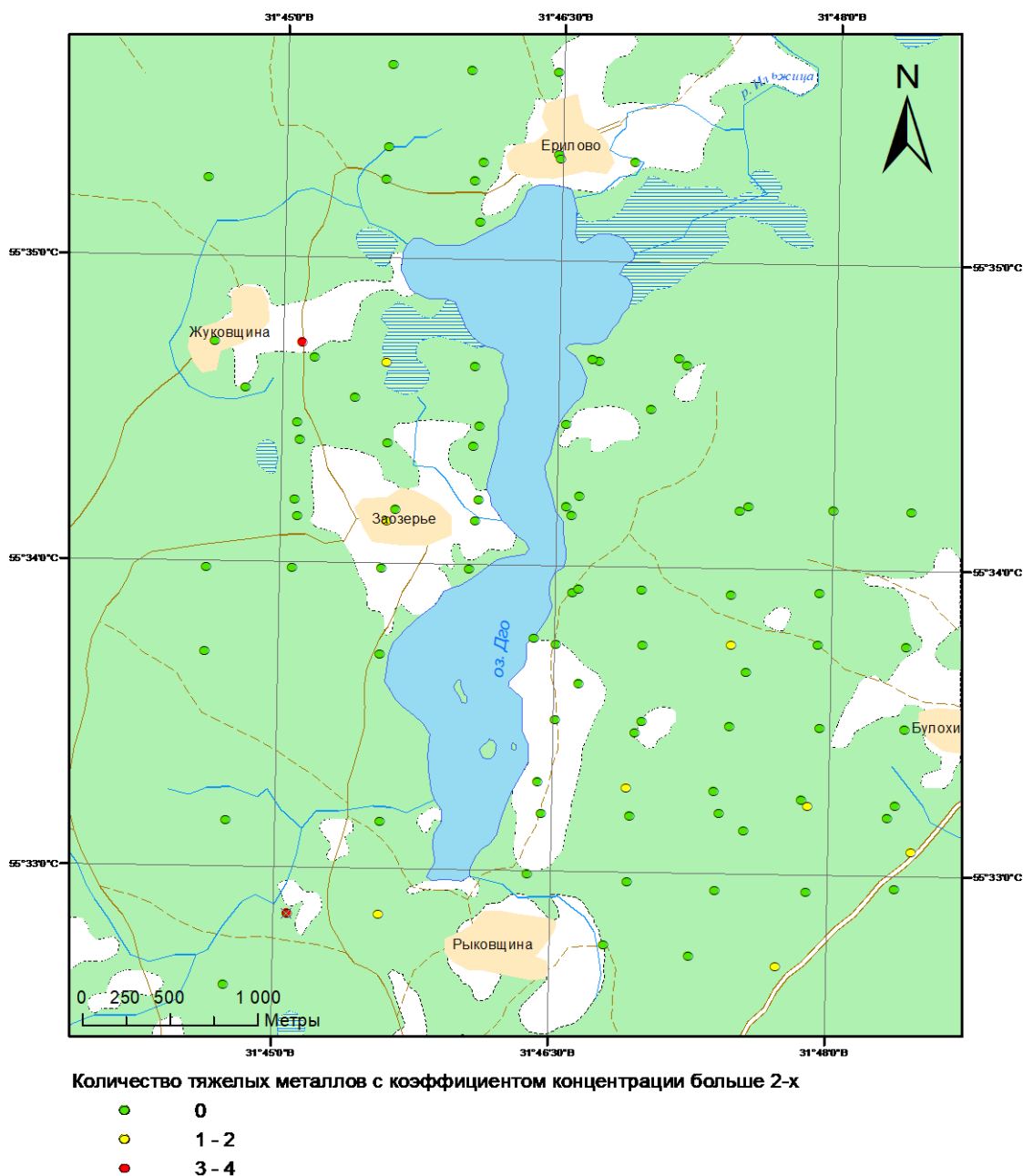



Рисунок 8. Карта-схема значений коэффициентов концентраций Zn в отобранных пробах.

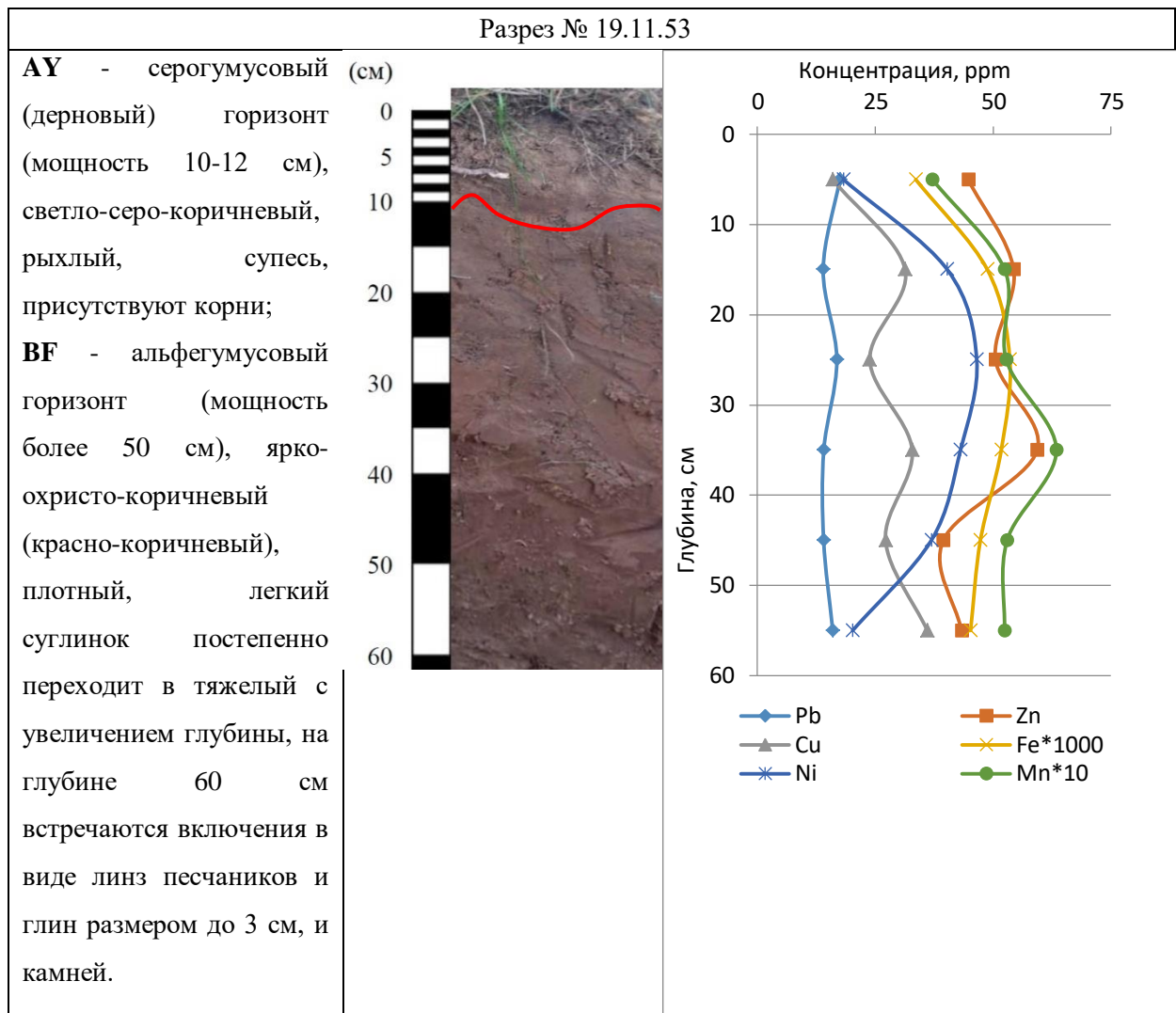
По коэффициентам концентрации отслеживается, что максимальные превышения присутствуют по большей части на юго-восточной территории исследования, где находится больше населенных пунктов (Рыковщина и Булохи) и более густая дорожная сеть, однако присутствуют места со значительным превышением и в северо-западной части территории обследования, в районе заброшенных поселений Жуковщина и Заозерье (рис. 8).

Совместно с площадным отбором проб почв, проводилось изучение и вертикального распределения тяжелых металлов в почвах. Были заложены 5 почвенных разрезов, по каждому было проведено полное описание и отобраны пробы из каждых 10 см глубины, или при смене генетических горизонтов. Из 5 разрезов было выделено 2 типа почв (дерново-подзолистые с разной степенью оподзоливания и дерново-подбуры), встречающихся на территории исследования. Описание, фотографии разрезов, а также графики распределения тяжелых металлов по каждому из типов представлены в таблице 4.

Таблица 4.

Описания и графики распределения тяжелых металлов в почвенных разрезах.

Описание	Фото	График распределения тяжелых металлов с глубиной
Разрез № 19.11.50		
<p>O — лесная подстилка (мощность 3-5 см);</p> <p>A1 – гумусовый горизонт (мощность 15-17 см) серого цвета, содержит хорошо гумифицированное органическое вещество, образованное на месте и тесно связанное с минеральной частью почвы;</p> <p>A2 – подзолистый горизонт (мощность 20-25 см), белесый, рыхлый, плитчато-листоватый;</p> <p>Bt – иллювиальный горизонт, наиболее плотный. Песчаные участки чередуются с суглинистыми (все вперемешку). Песок рыжего цвета, суглинок светло-сизого. Горизонт Bt постепенно переходит материнскую породу С</p>		<p style="text-align: center;">Концентрация, ppm</p> <p style="text-align: center;">Глубина, см</p> <p style="text-align: center;"> ◆ Pb ■ Zn ▲ Cu × Fe*1000 ✱ Ni ● Mn*10 </p>



По графикам, представленным в таблице 4, в почвенных разрезах четко отслеживается характер распределения тяжелых металлов по генетическим горизонтам, что позволяет совместно с фотографиями и описаниями определить типы почв. По первому разрезу были определены дерново-подзолистые почвы. Четко прослеживается комбинация элювиального (подзолистого) и иллювиального горизонтов по резкой депрессии в диапазоне глубин от 20 до 40 см и дальнейшего увеличения концентраций всех элементов в 2-3 раза. Во втором разрезе были определены дерново-подбуры. По графику распределения железа четко выделяется присутствие альфегумусового горизонта (концентрация железа вырастает от 30000 до 50000 мг/кг), что также подтверждается и его ярко-охристо-коричневой окраской. Стоит также отметить, что подобные распределения металлов по каждому типу почв соответствуют естественным законам, и значение антропогенного фактора сводится к минимуму.

4.2. Результаты исследований донных осадков

Исследования донных осадков проводились по всей акватории озера Дго, было отобрано 38 нестратифицированных проб и 50 проб из 5 стратифицированных колонок, расположение точек отбора представлено на рисунке 4 (глава 3). Стратифицированные колонки донных осадков отбирались для определения фоновых концентраций. По коэффициентам концентрации тяжелых металлов 1 и 2 классов опасности была проведена интерполяция акватории озера (рис. 8-11) с целью выявления наиболее уязвимых участков. Также были посчитаны средние, медианы и коэффициенты вариации для каждого исследуемого элемента, результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5.

Результаты химического анализа донных осадков озера Дго.

Исследуемые параметры	Тяжелые металлы					
	Pb	Zn	Fe	Ni	Cu	Mn
Среднее, мг/кг	39	136	33362	29	29	630
Медиана, мг/кг	41	163	36031	32	30	585
Коэффициент вариации, %	46	41	37	35	46	25
Фоновые значения, мг/кг	29	111	31313	39	39	332
Региональные нормативы фонового содержания тяжелых металлов в донных отложениях поверхностных водных объектов республики Татарстан*, мг/кг	21,3	94,4	-	32,6	30,0	683,7

*Приказ Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан от 27 марта 2019 г. № 316-п «Об утверждении региональных нормативов «Фоновое содержание тяжелых металлов в донных отложениях поверхностных водных объектов Республики Татарстан»

Помимо фоновых концентраций, рассчитанных для исследуемого участка, в таблице 5 представлены региональные нормативы фонового содержания тяжелых металлов в донных отложениях поверхностных водных объектов республики Татарстан для сравнения, так как на данный момент это единственные региональные нормативы содержания тяжелых металлов в донных осадках в России. По коэффициентам вариаций мы можем сказать, что, выборки значений концентраций таких металлов, как Pb, Zn и Cu – неоднородны, однако в целом, все значения находятся в пределах не превышающих фоновые более чем в 2 раза (табл. 5). Из значений коэффициентов концентраций отдельных металлов было выявлено:

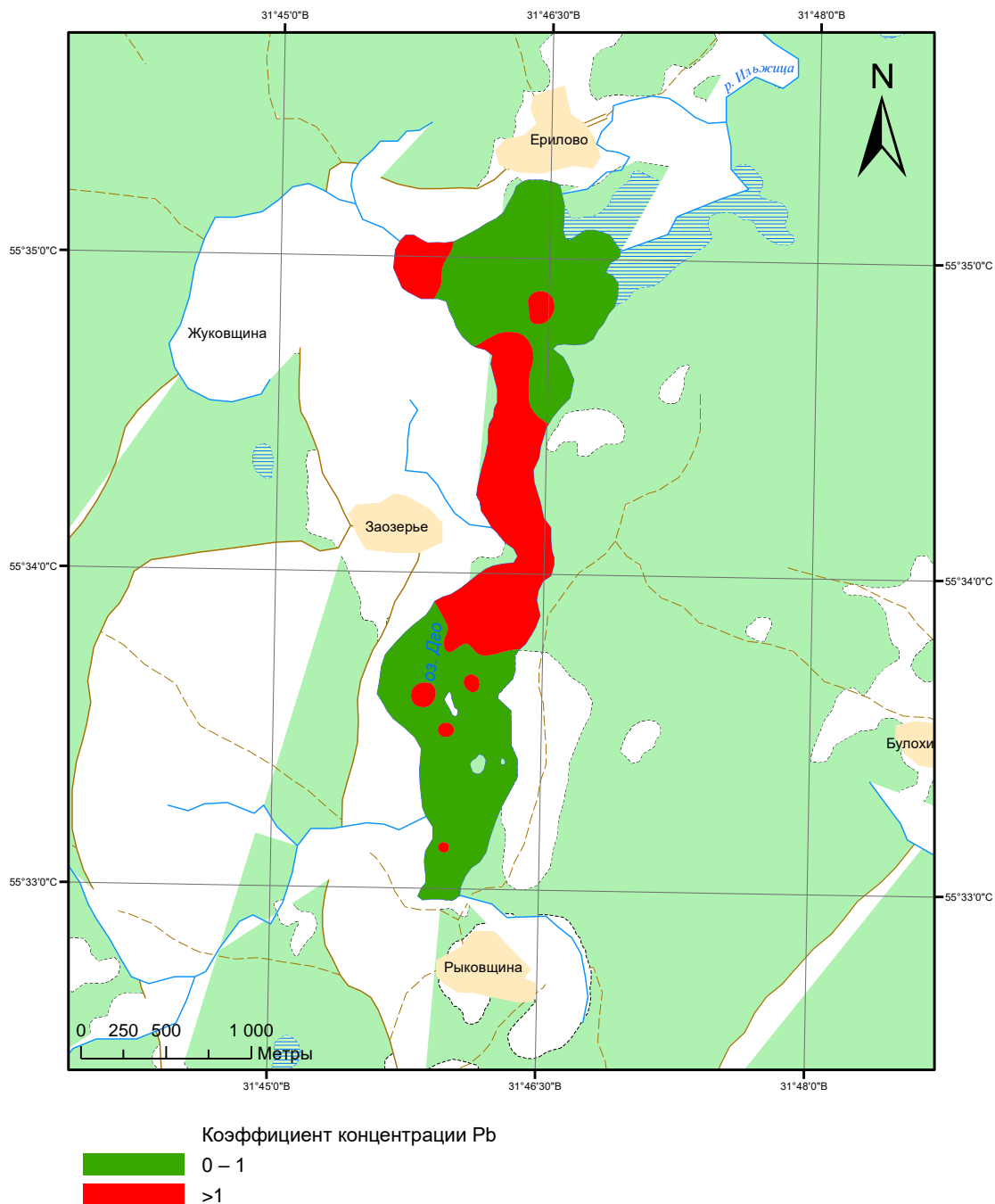


Рисунок 9. Карта-схема распределения Pb в донных осадках озера Дго.

- По свинцу (Pb) – превышения над фоном наблюдаются в центральной части озера, что связано с наибольшей глубоководностью данного участка (до 16 м), а также в северо-западной части озера, где происходит активное зарастание водоема (рис. 9).

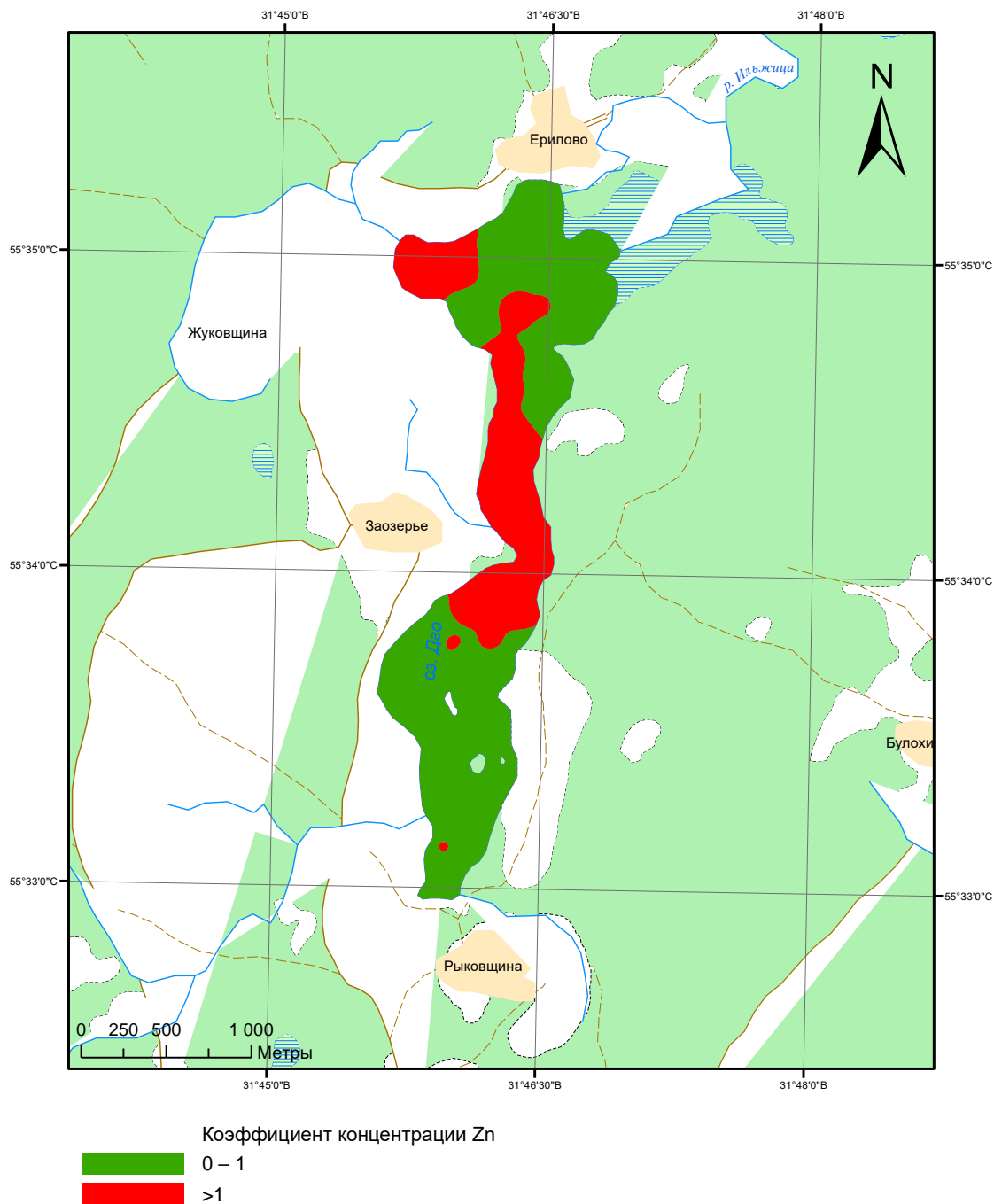


Рисунок 10. Карта-схема распределения Zn в донных осадках озера Дго.

- По цинку (Zn) – превышения над фоном наблюдаются в центральной части озера, что связано с наибольшей глубоководностью данного участка, а также в северо-западной части озера, где происходит активное зарастание водоема (рис. 10).

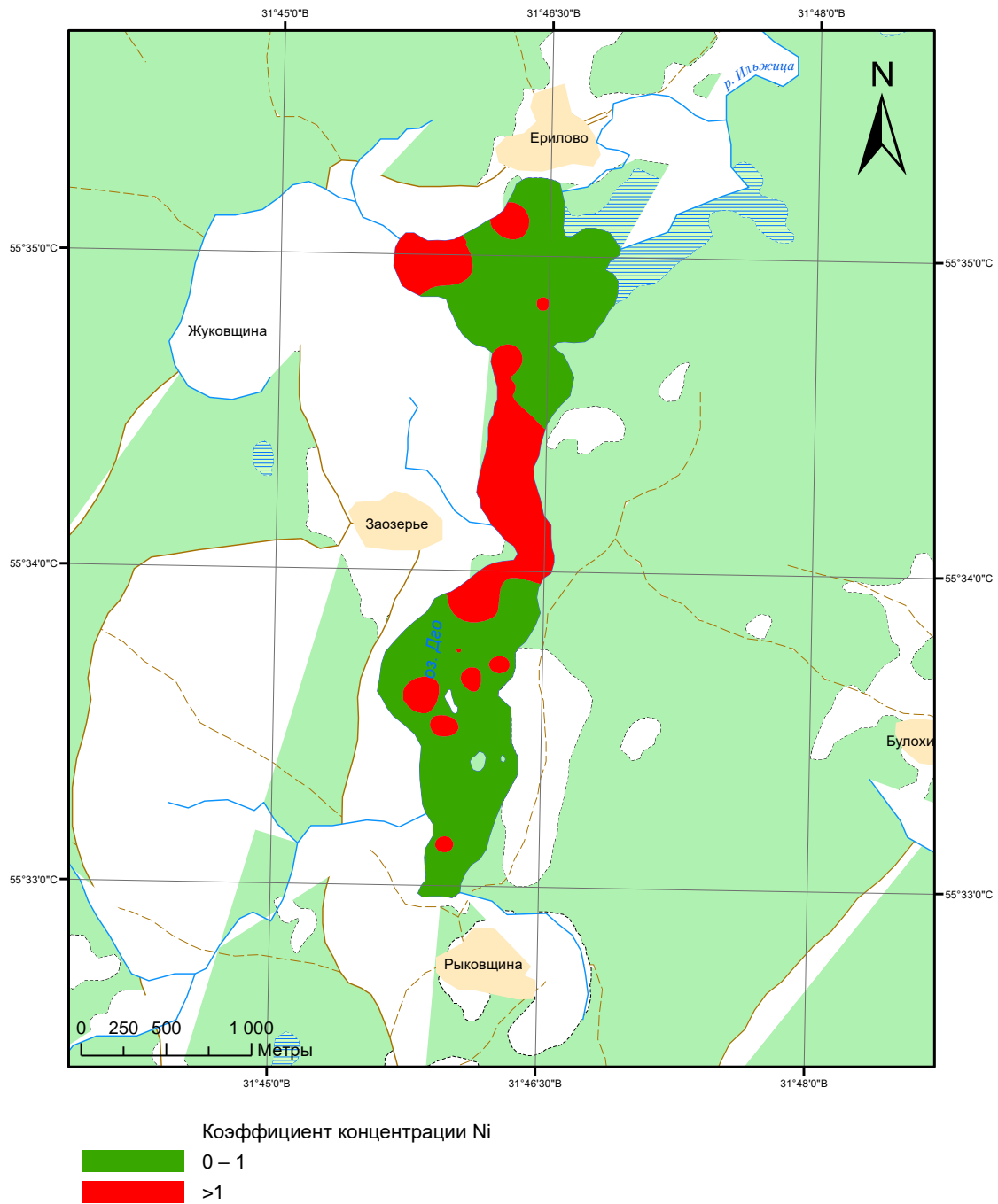


Рисунок 11. Карта-схема распределения Ni в донных осадках озера Дго.

- По никелю (Ni) – распределение данного элемента в целом повторяет картину распределения свинца и цинка – аккумуляция происходит на наименее промывных участках озера (рис. 11).

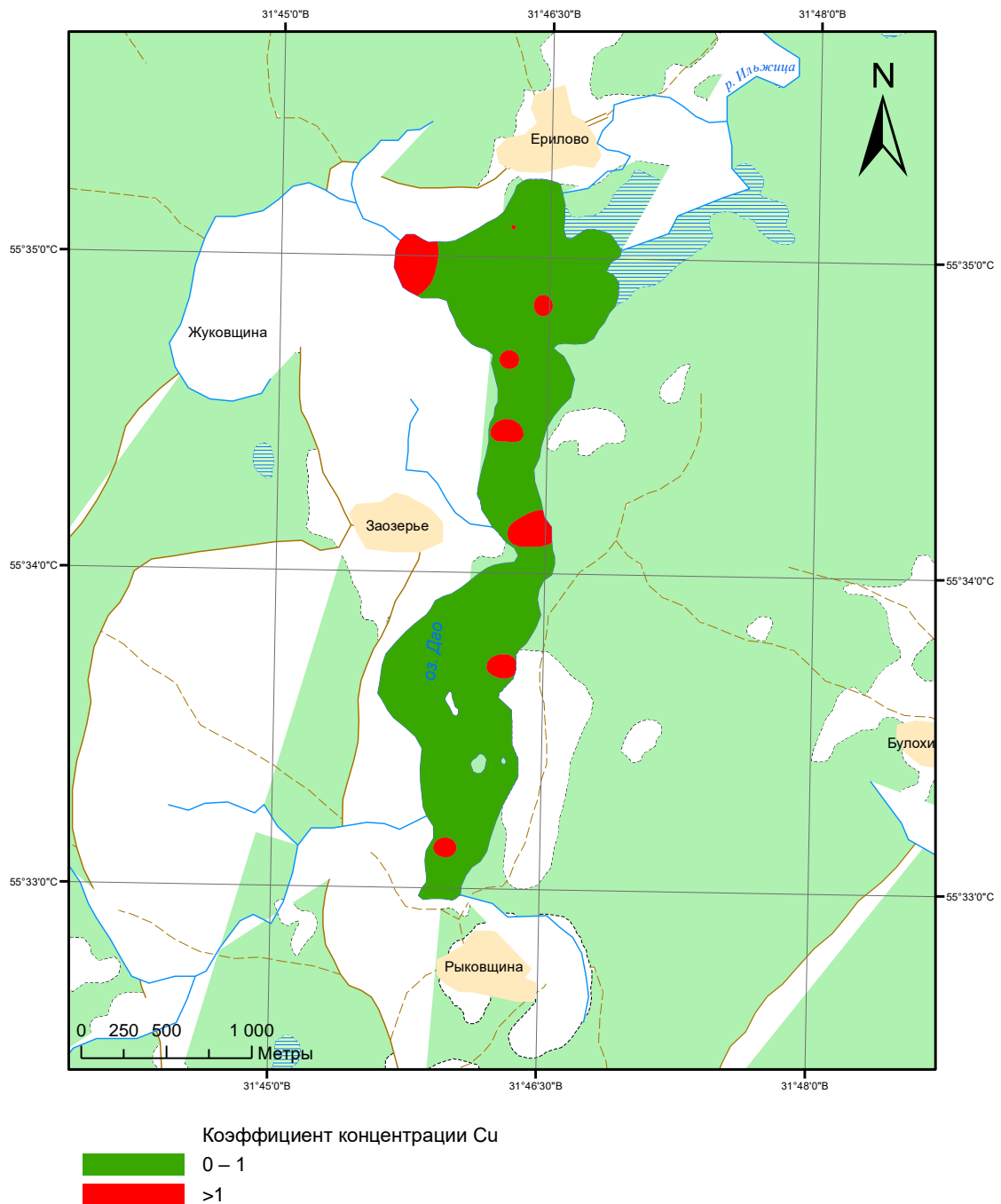


Рисунок 12. Карта-схема распределения Cu в донных осадках озера Дго.

- По меди (Cu) – распределение данного элемента имеет достаточно хаотичный порядок (рис. 12).

Помимо площадного распределения тяжелых металлов по акватории озера Дго проводилось изучение их вертикального распределения. По стратифицированным колонкам донных осадков можно заметить даже вековые изменения, произошедшие на изучаемой территории, однако в настоящей работе таких исследований не проводилось, а колонки использовались с целью определения фоновых концентраций тяжелых

металлов. Стоит отметить, что было выделено 2 различных характера распределения ТМ в толще донных осадков озера Дго (рис. 13).

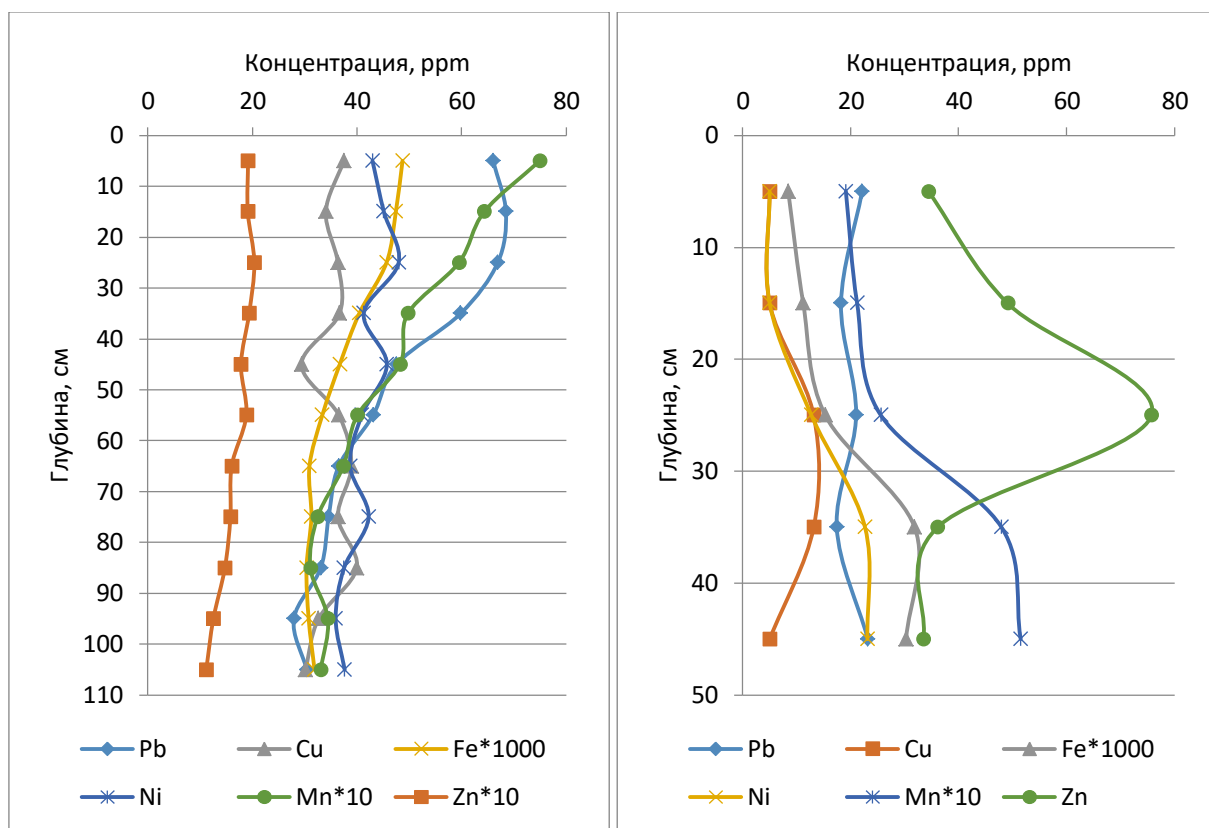


Рисунок 13. Графики двух типов вертикального распределения тяжелых металлов в донных осадках.

По всей площади озера Дго было определено 2 типа донных осадков, основную часть составляет первый тип – илистый, ему соответствует левая диаграмма (рис. 13). Здесь четко выделяется тенденция уменьшения и затем постепенного выравнивания концентрации каждого из исследуемых элементов с увеличением глубины. Это говорит о том, что влияние антропогенного фактора в последние десятилетия растет, концентрации некоторых элементов выросли почти в 2 раза. В качестве фоновых концентраций были взяты усредненные концентрации нижних 30-40 см колонки. Второй тип донных осадков – песчано-глинистые, этому типу соответствует правая диаграмма (рис. 13). В данном случае колонка разделяется на два четко сменяющих друг друга горизонта – первые 25-30 см песок, затем сменяющийся глиной. Этому также соответствуют и графики распределения ТМ: в песке концентрации элементов находятся на минимальном уровне, так как происходит быстрое вымывание, а с переходом в глину – возрастают, так как глина обладает более высокой аккумуляционной способностью. В дальнейшем, при необходимости, можно будет выделить фоновые концентрации и для такого типа донных осадков.

5. Рекомендации к природопользованию и природоохранной деятельности

По результатам работ:

1. По итогам исследования эколого-геохимической обстановки, можно сделать вывод, что антропогенная нагрузка на компоненты природной среды является невысокой (единичные превышения в районе поселков).

2. Содержание тяжелых металлов в почвах в целом соответствует нормативам. Были обнаружены единичные превышения над ПДК и ОДК, серьезной опасности для человека и окружающей среды эти участки не представляют.

3. Рассчитаны фоновые концентрации Pb, Zn, Cu, Ni, Mn, Fe в донных осадках озера Дго и почвах прилегающей территории.

4. В донных осадках участков, которые потенциально могли испытывать наибольшую антропогенную нагрузку со стороны экологического туризма (стоянки вокруг озера, туристические тропы и маршруты), содержание тяжелых металлов оказалось минимальным. В тоже время, наиболее высокие валовые содержания тяжелых металлов в донных осадках связаны с наименее промывными и глубоководными участками озера. Это позволяет сделать вывод, что в настоящее время деятельность человека минимально влияет на загрязнение данного компонента среды.

На основании наших работ, мы можем сделать следующие рекомендации.

Вокруг озера Дго, где проводились мониторинговые работы, расположены 5 стоянок и есть туристические тропы и маршруты. Поскольку эколого-геохимическая ситуация благоприятна и не обнаружено серьезных последствий, то развитие рекреационной деятельности в районе озера Дго не должно прекращаться, однако стоит уделить внимание более детальным исследованиям донных отложений.

Необходимо уточнить полученные данные другими аналитическими методами, помимо РФА.

Для оценки токсикологической опасности тяжелых металлов в пробах почвы и донных отложений, необходимо проверить не только валовое содержание тяжелых металлов, но и определить формы их нахождения.

Заключение

В результате эколого-геохимических исследований, было отобрано и проанализировано 88 проб донных отложений и 121 проба почв на валовое содержание тяжелых металлов.

Были рассчитаны основные показатели (фоновые концентрации) по тяжелым металлам 1 и 2 классов опасности, что в дальнейшем будет использоваться уже при мониторинге национального парка.

Была проведена интерполяция акватории озера по содержанию тяжелых металлов 1 и 2 классов опасности в донных осадках и выявлены закономерности их распространения на участке.

Были обнаружены районы с повышенными (более чем в 2 раза относительно фона) концентрациями ТМ в почвах прилегающей территории озера Дго. Для уточнения ситуации в дальнейших исследованиях будут использоваться другие методы анализа и определяться формы их нахождения для выявления причины превышения.

Из полученных результатов были сделаны выводы:

- Антропогенная нагрузка на компоненты природной среды присутствует в основном вблизи населенных пунктов и дорог, где были обнаружены максимальные концентрации исследуемых поллютантов;
- Высокие концентрации тяжелых металлов в почвах были обнаружены на участках заброшенных поселений, что свидетельствует о важной роли остаточного влияния антропогенного фактора на данный компонент среды;
- В целом, закон распределения исследуемых поллютантов близок к логнормальному, что говорит о естественной природе поступления основной массы данных элементов в почвы прилегающей территории озера Дго;
- Аккумуляция Pb, Zn и Ni в донных осадках происходит на наименее промывных участках озера – в центральной части, что связано с наибольшей глубоководностью данного участка, а также в северо-западной части, где происходит активное зарастание водоема;
- Распределения Cu в донных осадках озера имеет более хаотичный порядок, определение причины такого поведения – задача будущих исследований;
- Концентрации всех исследуемых тяжелых металлов в донных осадках не превышают фоновые более чем в 2 раза, что говорит о минимальном воздействии человека на данный компонент среды;
- Стоит добавить, что для оценки токсикологической опасности тяжелых металлов в пробах почв и донных отложений, необходимо в дальнейшем проверить не

только валовое содержание тяжелых металлов, но и определить формы их нахождения.

Все аналитические работы проводились на базе ресурсного центра «Геомодель» Санкт-Петербургского государственного университета.

Список использованной литературы


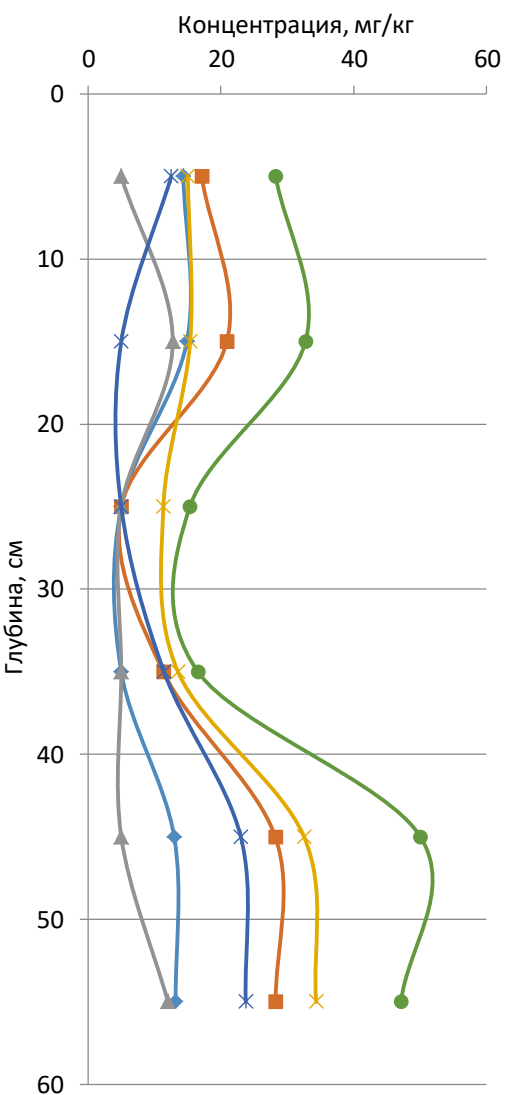
1. Андриевский И.В. Состояние орнитофауны "Смоленского Поозерья" // Русский орнитологический журнал. - 2007. - №Том 16.
2. Артемьева А.А., Шадчинов С.М., Зеленковский П.С., Подлипский И.И., Хохряков В.Р. Первичные результаты полевых работ по описанию растительных сообществ береговой зоны оз. Дго (национальный парк "Смоленское Поозерье")//В книге: Актуальные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северо-Запада России Материалы XXVII молодёжной научной школы-конференции, посвященной памяти члена-корреспондента АН СССР К.О. Кратца и академика РАН Ф.П. Митрофанова. 2016. С. 159-160.
3. Баянов Г.Б. – ООПТ и совершенствование мониторинга водных экосистем в России. // Астраханский вестник экологического образования. №4. 2013. с.82-88.
4. Водяницкий Ю.Н., Ладонин Д.В., Савичев А.Т. Загрязнение почв тяжелыми металлами – Москва: Издательство Почвенного института им. В.В. Докучаева РАСХН, 2012.
5. ГН 2.1.7.2041-06. – «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве». – М.: 2006.
6. ГН 2.1.7.2511-09. – «Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве». – М.: 2009
7. Гузева А.В., Попова Е.А., Зеленковский П.С., Подлипский И.И., Хохряков В.Р. Эколого-геохимический мониторинг состояния оз. Сапшо и пос. Пржевальское (национальный парк "Смоленское Поозерье"): методика//В книге: Актуальные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северо-Запада России Материалы XXVII молодёжной научной школы-конференции, посвященной памяти члена-корреспондента АН СССР К.О. Кратца и академика РАН Ф.П. Митрофанова. 2016. С. 197-201.
8. Ефремова С.Ю., Шарков Т.А., Лукьянец О.В. – Экологический мониторинг загрязнения почв // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. 2011. №25. С. 569-571.
9. Зеленковский П.С., Подлипский И.И., Хохряков В.Р. Проблемы регулирования деятельности хозяйствующих субъектов при разработке месторождений полезных ископаемых в границах особо охраняемых природных территорий // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. 2016. № 3. С. 60-74.
10. Иванюкович Г.А., Зеленковский П.С. Выделение участков локального загрязнения при экогеохимическом мониторинге городских

- территорий//Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. 2015. № 2. С. 125-129.
11. Ильенко Е.Н. – Понятие и правовой статус национальных парков // Гражданское право и гражданский кодекс. 2012.
 12. Катанаева В.Г. и др. – Тяжелые металлы в донных отложениях озера Кучак // Вестник Тюменского государственного университета №2. 2003.
 13. Каширо М.А. Лимноландшафты г. Томска: структура, динамика, рекреационный потенциал: Автореф. канд. дис. – Томск, 2013.
 14. Колосова И.И. – Влияние ацетата свинца, солей тяжелых металлов на репродуктивную функцию // Вестник проблем биологии и медицины. Вып. 3, Том 2. 2013.
 15. Кононова Л.А., Зеленковский П.С., Подлипский И.И., Хохряков В.Р. Расчет коэффициента суммарного загрязнения в почвах и донных отложениях рекреационной зоны Национального парка «Смоленское Поозерье». Экологические проблемы недропользования. – СПб: 2016.
 16. Косенков Г.Л. Городища раннего железного века национального парка «Смоленское Поозерье» // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. - 2009. - Т. 18, № 3.
 17. Кремень А.С. Озера Смоленской области // Комплексные и отраслевые географические исследования для целей народного хозяйства. – Смоленск, 1977.
 18. Липишкин В.П., Лихт Э.Е., Язова Э.А. Объяснительная записка к геологической карте СССР, московская серия, лист №36-11.
 19. Подлипский И.И., Зеленковский П.С., Кононова Л.А., Хохряков В.Р. Эколого-геохимическая оценка состояния компонентов природной среды особо охраняемых природных территорий на примере национального парка «Смоленское Поозерье». / Материалы XVII межвузовской молодежной научной конференции «Экологические проблемы недропользования». СПб.: Изд-во СПбГУ, 2017, с. 59-67.
 20. С.В. Лукин. Мониторинг содержания хрома в сельскохозяйственных культурах и почвах // Достижения науки и техники АПК. - 2011.
 21. Сабеев А.Г. Антропогенное воздействие на экосистемы национального парка «Алания» // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. - 2009. - Т. 18, № 3
 22. СанПиН 2.1.7.1287-03. – «санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы». – М.: 2007

23. Севастьянов Д.В., Коростелев Е.М. Национальные парки Северо-Запада России как объект охраны природы, рекреации и туризма // Вестник СПбГУ Сер 7 вып. 1. 2003.
24. Соловых Г.Н. и др. – Эколого-химический мониторинг состояния донных отложений водных экосистем на территории Оренбургской области // Вестник ОГУ №12. 2011
25. Теплая Г.А. – Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы) // Астраханский вестник экологического образования. №1 2013. С. 182-192.
26. Терехова А.В., Подлипский И.И., Зеленковский П.С., Хохряков В.Р. Разработка сети пробоотбора для комплексного эколого-геологического мониторинга территории национального парка "Смоленское Поозерье"//Природа и общество: в поисках гармонии. 2016. № 2. С. 150-155.
27. Терехова А.В., Подлипский И.И., Зеленковский П.С., Хохряков В.Р., Геохимия Почв НП "Смоленское Поозерье". // Тезисы докладов Восьмого Молодежного Конгресса по итогам практик. Разведка и добыча горючих ископаемых, геология, география, экология, учебные практики, нефтехимия, Москва, 2016, с. 205 – 207.
28. Федеральный закон от 14 марта 1995 г. N 33-ФЗ "Об особо охраняемых природных территориях".
29. Хокс Х., Уэбб Дж., Геохимические методы поисков минеральных месторождений. Москва: Мир, 1964.
30. Ширкин Л.А., Рентгенофлуоресцентный анализ объектов окружающей среды // Учебное пособие, Владимирский государственный университет, Владимир, 2009.
31. Щербаков А.В. , Н.М. Решетникова, Н.И. Нестерова. Конспект Флоры Водных Сосудистых Растений Северо-Запада Смоленской Области // Фиторазнообразие Восточной Европы. - 20015.
32. Особо охраняемые территории России. URL: <http://www.zapoved.ru/> (дата обращения: 02.02.2017).
33. Taylor S. R., Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table. «Geochimica et Cosmochimica Acta», 1964
34. <http://www.meteorf.ru/> - Официальный сайт Гидрометцентра России.
35. <http://www.poozerie.ru/> - Официальный сайт национального парка «Смоленское Поозерье».

Приложения

Приложение 1. Таблица данных по почвенным разрезам (описание, фото, графики распределения тяжелых металлов).

Описание	Фото	График распределения тяжелых металлов с глубиной						
Разрез № 19.11.50								
<p>О — лесная подстилка (мощность 3-5 см);</p> <p>A1 – гумусовый горизонт (мощность 15-17 см) серого цвета, содержит хорошо гумифицированное органическое вещество, образованное на месте и тесно связанное с минеральной частью почвы;</p> <p>A2 – подзолистый горизонт (мощность 20-25 см), белесый, рыхлый, плитчато-листоватый;</p> <p>Bt – иллювиальный горизонт, наиболее плотный. Песчаные участки чередуются с суглинистыми (все вперемешку). Песок рыжего цвета, суглинок светло-сизого. Горизонт Bt постепенно переходит в материнскую породу С.</p>		<div style="text-align: center;"> <p>Концентрация, мг/кг</p>  </div> <div style="margin-top: 10px;"> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">◆ Pb</td> <td style="text-align: center;">■ Zn</td> <td style="text-align: center;">▲ Cu</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">✕ Fe*1000</td> <td style="text-align: center;">✕ Ni</td> <td style="text-align: center;">● Mn*10</td> </tr> </table> </div>	◆ Pb	■ Zn	▲ Cu	✕ Fe*1000	✕ Ni	● Mn*10
◆ Pb	■ Zn	▲ Cu						
✕ Fe*1000	✕ Ni	● Mn*10						

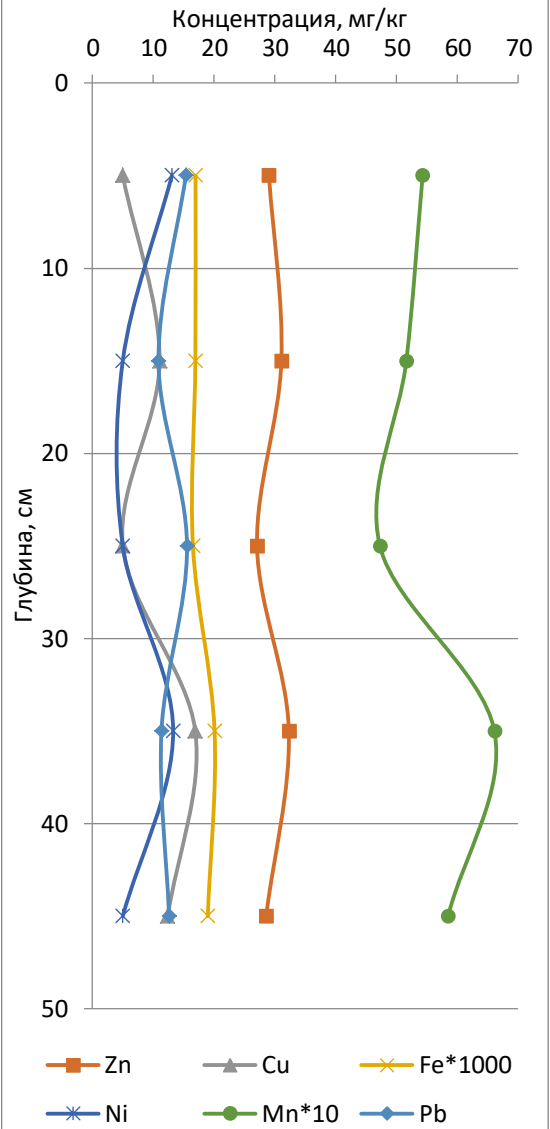
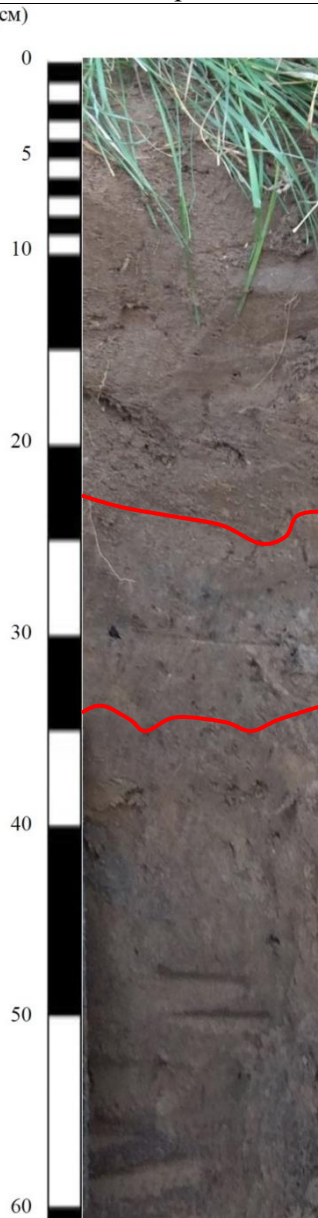
Разрез № 19.11.51

A1 – гумусовый горизонт (см)

(мощность 23-25 см)
супесь, холодит руку,
плотный, темно палевый,
есть включения гравия и
крупных камней,
единичные корни, ходы
червей;

A2 – подзолистый
горизонт (мощность 10-
12 см), светло-серый,
плотный, железистые
стяжения, включения
маленьких камней,
слюды;

Bt – иллювиальный
горизонт, бежевый,
супесь, включения-
дресва, холодит руку,
рыхлый, есть затеки (до
10 см), единичные корни
Горизонт Bt постепенно
переходит в материнскую
породу С.



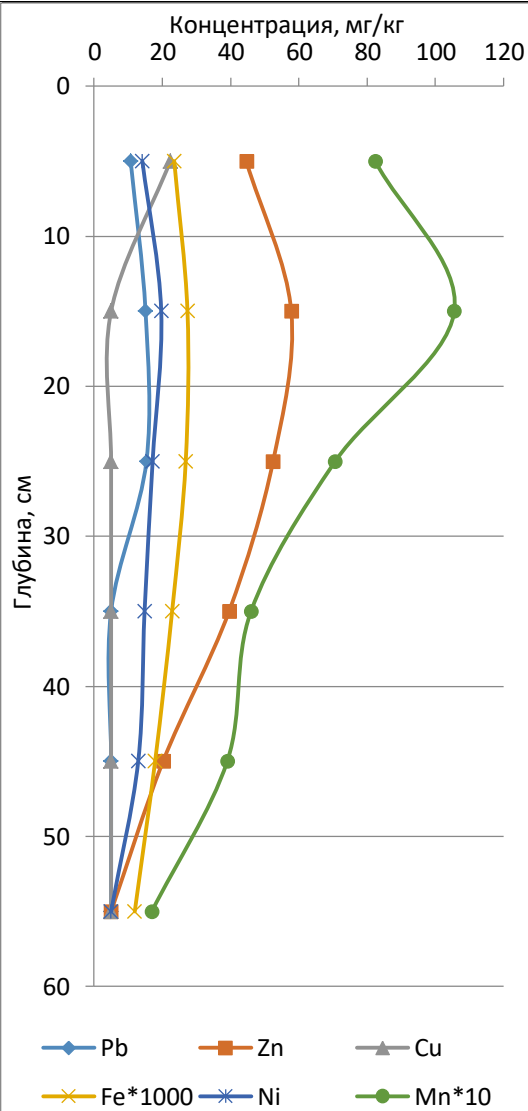
Разрез № 19.11.52

О — лесная подстилка (см)
(мощность 5-7 см);

A1 – гумусовый горизонт
(мощность 27-30 см)
темно серый, влажный,
рыхлый, встречаются
остатки корней, крупные
песчинки, ходы червей,
пронизан корнями
деревьев;

A2 – подзолистый
горизонт (мощность 13-
15 см), супесь, влажный,
серый, есть железистые
стяжения, остатки
неразложившейся
органики, не очень
плотный, встречаются
корни деревьев;

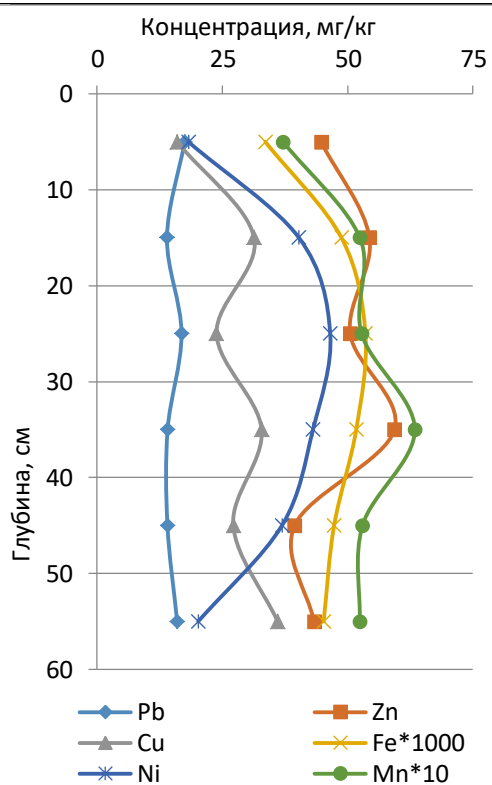
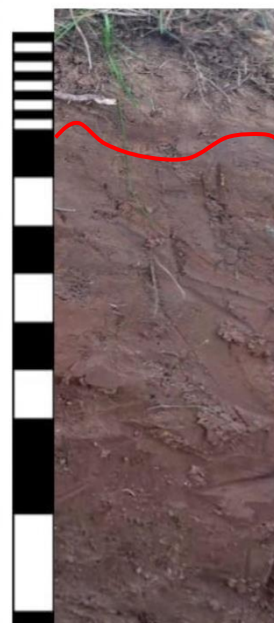
Bt – иллювиальный
горизонт, супесь,
влажный, светло-
палевый, затеки темного
цвета (органика) и
ржавые подтеки,
плотный. Горизонт Bt
постепенно переходит в
материнскую породу С с
выходом грунтовых вод.



Разрез № 19.11.53

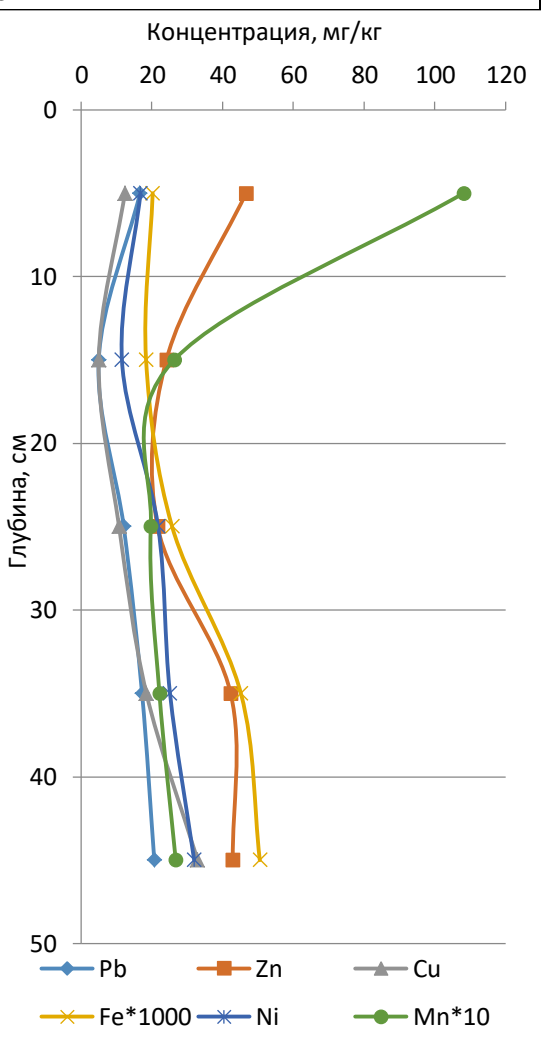
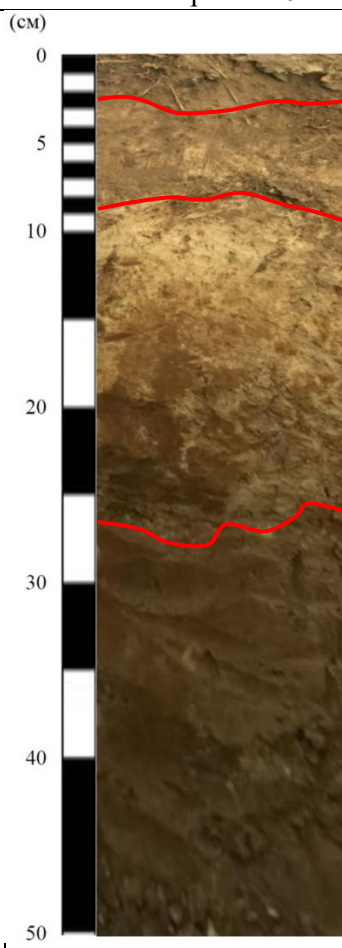
АУ - серогумусовый (дерновый) горизонт (мощность 10-12 см), светло-серо-коричневый, рыхлый, супесь, присутствуют корни;

ВF - альфегумусовый горизонт (мощность более 50 см), ярко-охристо-коричневый (красно-коричневый), плотный, легкий суглинок постепенно переходит в тяжелый с увеличением глубины, на глубине 60 см встречаются включения в виде линз песчаников и глин размером до 3 см, и камней.



Разрез № 19.11.54

О — лесная подстилка (мощность 2-4 см);
A1 – гумусовый горизонт (мощность 5-7 см) серо-коричневый цвет, супесь, рыхлый, присутствуют корни и ходы червей;
A2 – подзолистый горизонт (мощность 15-20 см), светло-палевый, супесь, рыхлый, присутствует ожелезнение;
Bt – иллювиальный горизонт, охристо-рыжий цвет, легкий суглинок переходит в средний с увеличением глубины, плотный встречаются корни деревьев. Горизонт Bt постепенно переходит в материнскую породу С



Приложение 2. Графики распределения тяжелых металлов в стратифицированных колонках донных осадков.

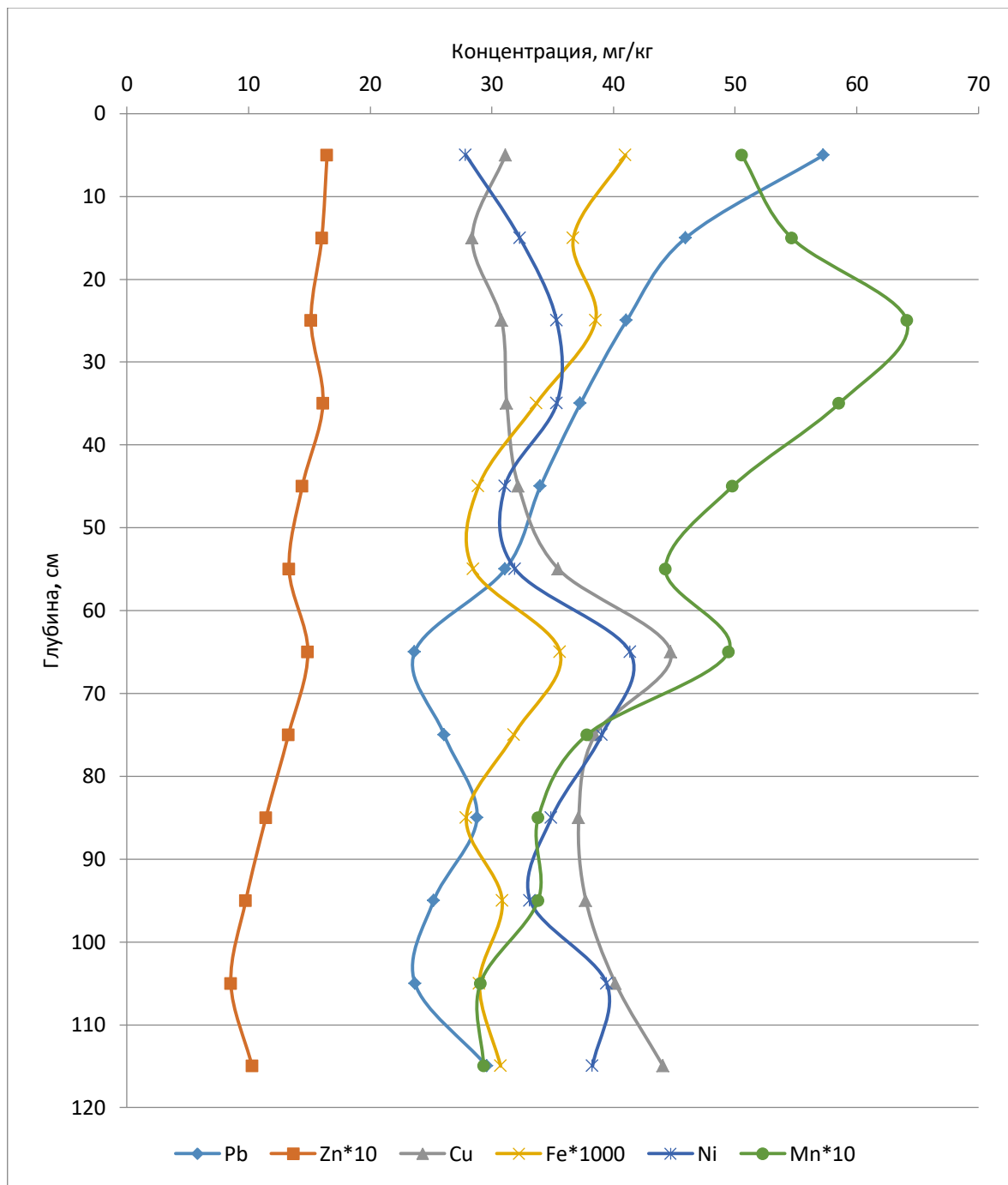


График распределения тяжелых металлов в колонке № 20.Д.1

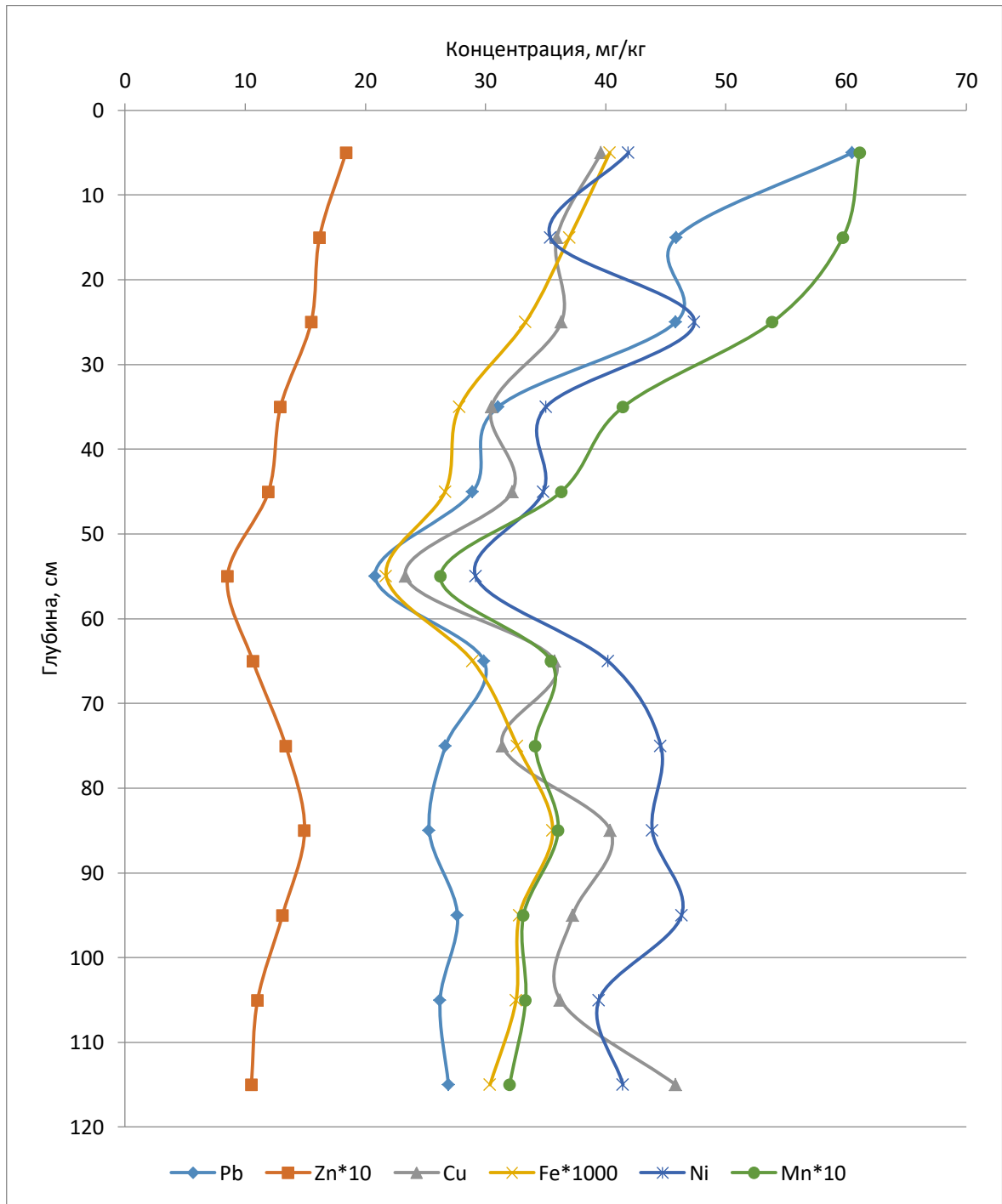


График распределения тяжелых металлов в колонке № 20.Д.2

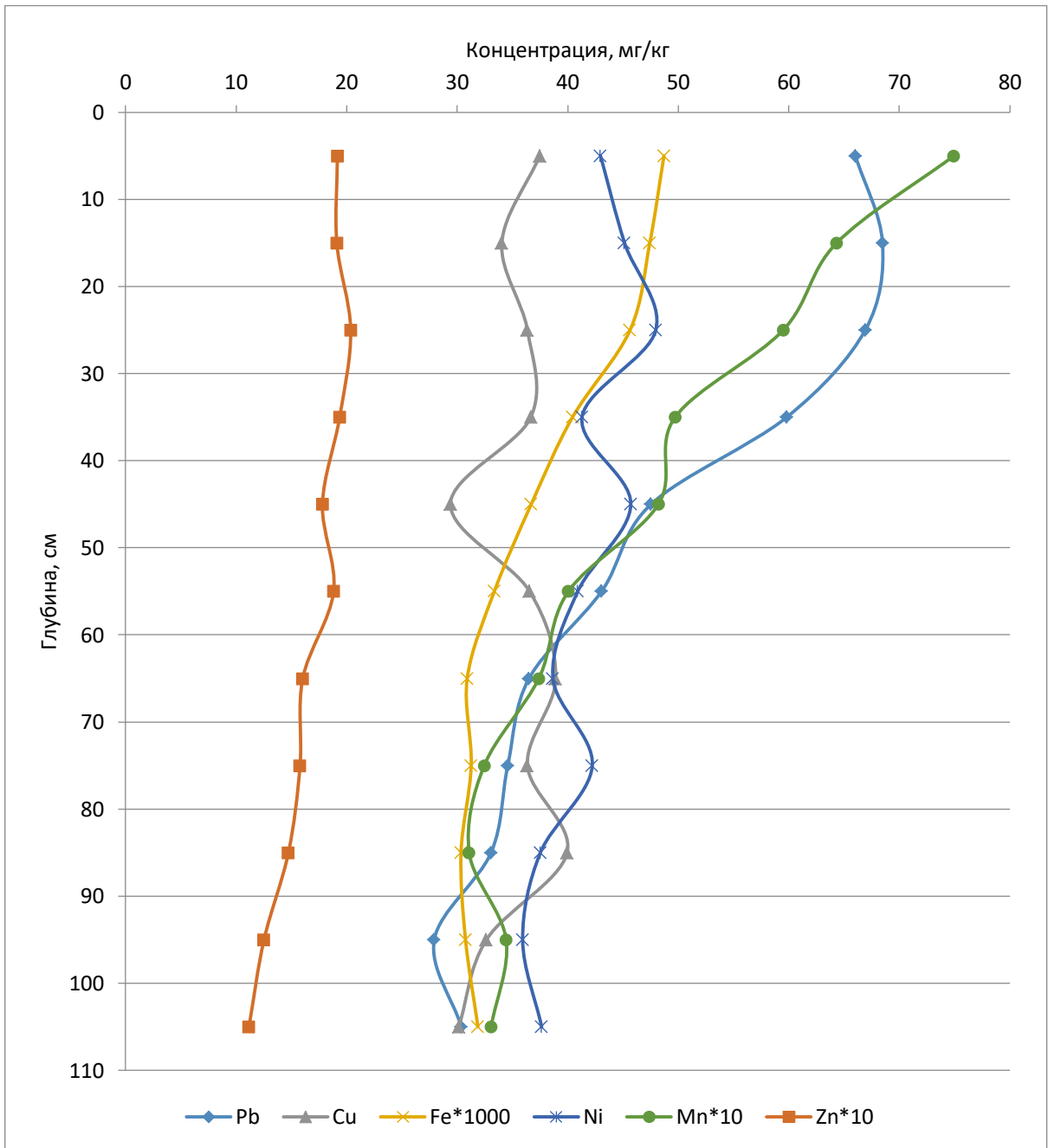


График распределения тяжелых металлов в колонке № 20.Д.3

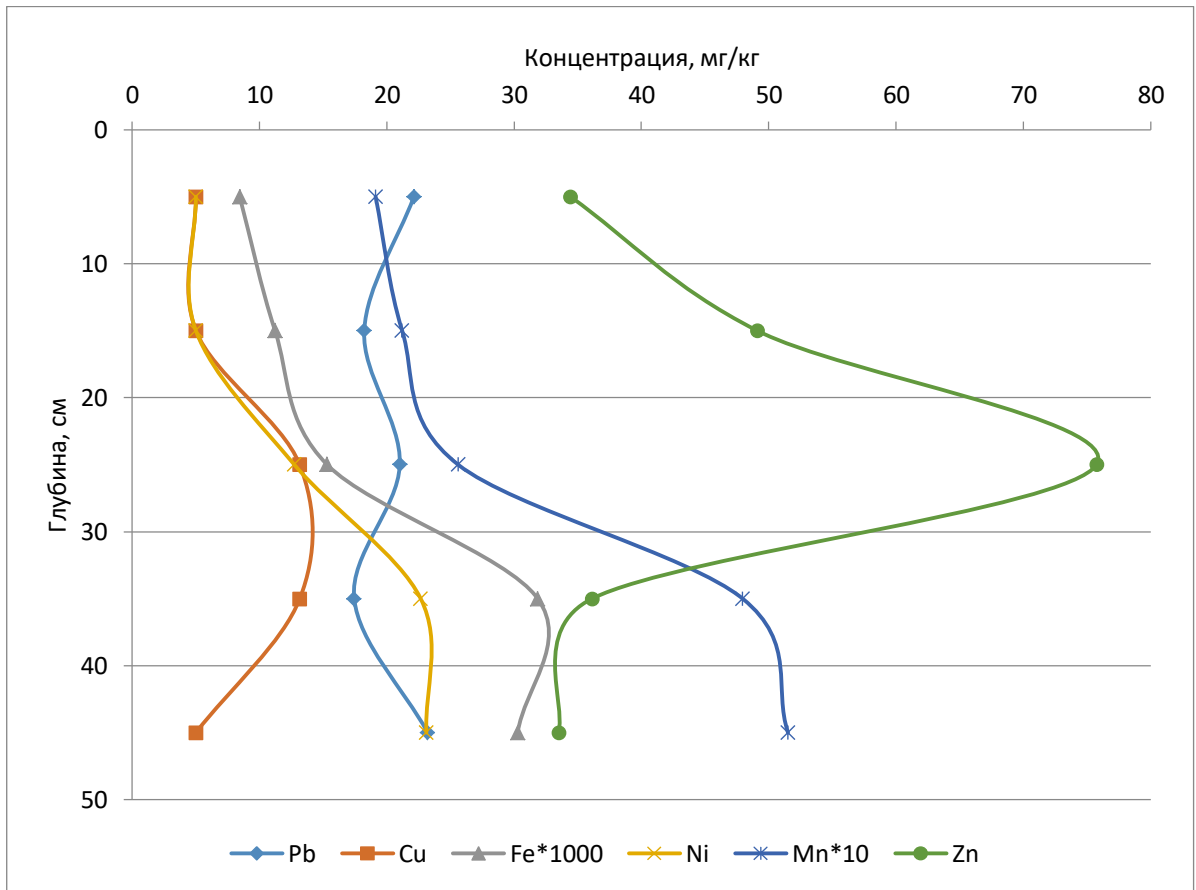


График распределения тяжелых металлов в колонке № 20.Д.5

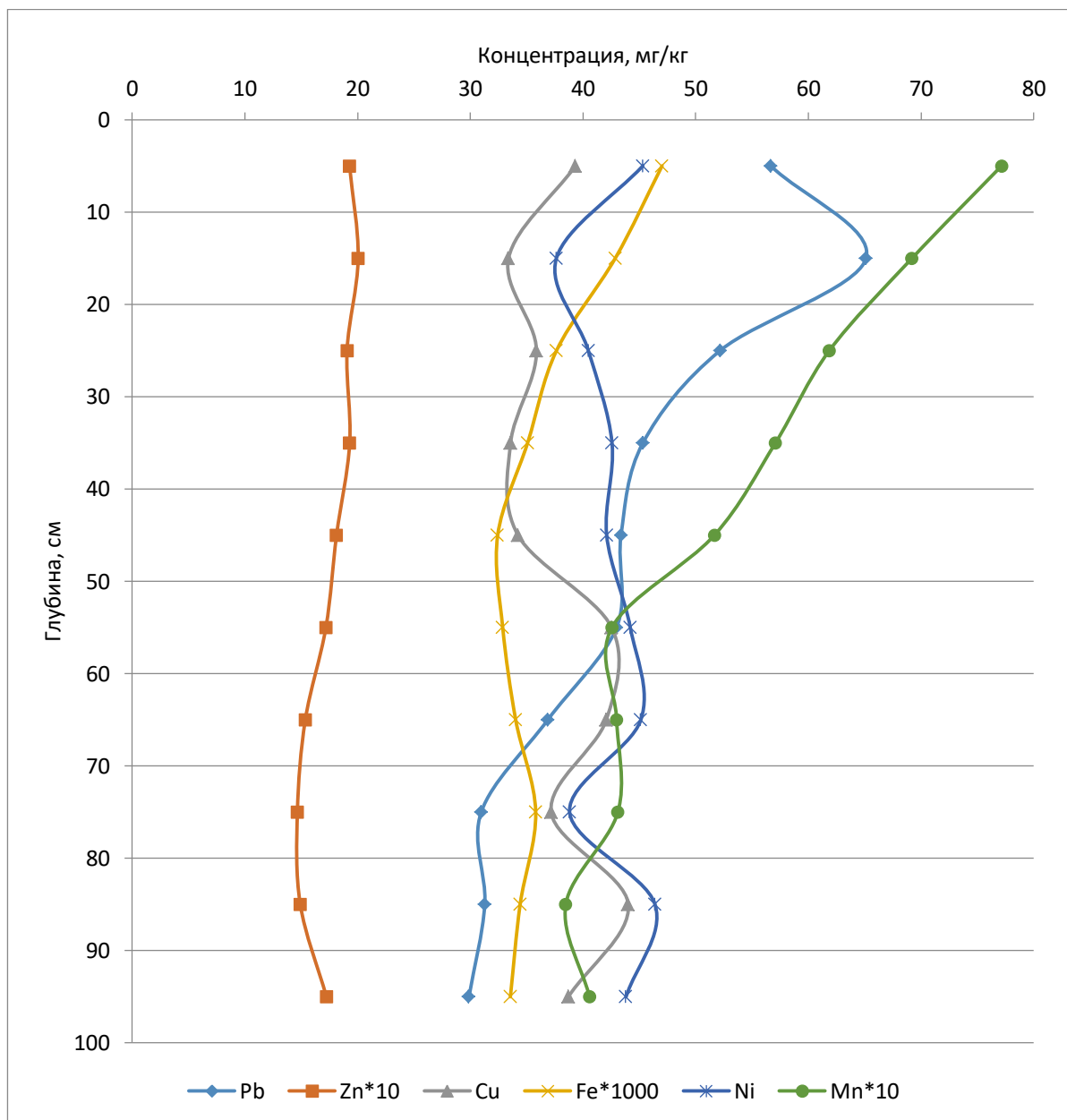


График распределения тяжелых металлов в колонке № 20.Д.8