

Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Воронежский государственный университет»

На правах рукописи

УДОДЕНКО ЮРИЙ ГЕННАДЬЕВИЧ

**НАКОПЛЕНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РТУТИ В ПОЧВАХ И
ПЕДОБИОНТАХ ЗАПОВЕДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ
ВОРОНЕЖСКОГО И ОКСКОГО ЗАПОВЕДНИКОВ).**

03.02.08 – Экология

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук
профессор Т. А. Девятова

ВОРОНЕЖ 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	8
1.1 Общая характеристика элемента ртуть.....	8
1.2 Источники поступления ртути в окружающую среду.....	10
1.3 Ртуть в компонентах биосферы.....	17
1.3.1 Ртуть в атмосфере.....	17
1.3.2 Ртуть в гидросфере.....	17
1.3.3 Ртуть в почвах.....	18
1.3.4 Ртуть в организмах.....	26
1.4 Токсическое воздействие ртутиорганических соединений на животных и человека.....	29
ГЛАВА 2. РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЯ, МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ.....	32
2.1. Экологические условия почвообразования в Воронежском заповеднике.....	32
2.2. Экологические условия почвообразования Окского заповедника.....	46
2.3. Методы исследований.....	48
2.4. Характеристика биологических объектов исследования.....	55
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.....	58
3.1. Характеристика исследованных почв	
3.1.1 Почвы Воронежского заповедника.....	58
3.1.1.1 Морфологическая характеристика почв Воронежского заповедника.....	58
3.1.1.2 Физико-химические и химические свойства почв Воронежского заповедника.....	78
3.1.1.3. Краткое описание почв учетной линии млекопитающих.....	87
3.1.2. Почвы Окского заповедника.....	89
3.1.2.1 Морфологическая характеристика почв Окского заповедника.....	89
3.1.2.2 Физико-химические и химические свойства почв Окского	

заповедника.....	92
3.2. Особенности распределения и накопления ртути в исследованных почвах.....	95
3.2.1. Ртуть в почвах Воронежского заповедника.....	95
3.2.2 Ртуть в почвах Окского заповедника.....	111
3.2.3. Оценка количества ртути в профиле почв Воронежского заповедника.....	114
3.3 Содержание ртути в педобионтах.....	118
3.3.1. Содержание ртути в дождевых червях Воронежского заповедника.....	118
3.3.2. Концентрации ртути в мелких млекопитающих Воронежского заповедника.....	121
3.4. Обсуждение результатов.....	123
ВЫВОДЫ.....	140
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	142

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Ртуть, это единственный металл, который при оптимальной для биоты температуре находится в жидком и парообразном состоянии, что наряду с особенностями химических свойств (высокое сродство к серосодержащим соединениям, образование стойких метиллированных соединений) определяет его высокую миграционную способность в биосфере [109]. Ртуть широко применяется во многих отраслях производства и обладает способностью восстанавливаться до металла из различных соединений. Это обуславливает ее летучесть и высокую токсичность для всех живых организмов.

В биосфере естественные соединения ртути находятся в рассеянном состоянии. Антропогенное воздействие приводит к усилению миграции и перераспределению естественных соединений ртути и привнесу в биогеохимический цикл этого элемента техногенной ртути [114, 150]. Проблемы связанные с загрязнением окружающей среды ртутью, появились в 50-70-е годы XX века, после того как произошли массовые отравления людей в результате употребления в пищу рыбы из сильно загрязненных металлом водоемов.

В результате проведенных исследований появилось представление о двух основных типах круговорота ртути в окружающей среде: глобальном, в который вовлечены преимущественно пары атомарной ртути, и локальном, который связан с ртутью, поступающей в атмосферу в результате антропогенной деятельности [118]. Ранее считалось, что глобальный естественный круговорот слабо влияет на организмы, и не может привести к загрязнению отдельных компонентов экосистем. В настоящее время накоплен обширный фактический материал о закономерности миграции ртути в водных экосистемах [52, 104, 129, 136]. Основное внимание водным экосистемам связано с тем, что в водной среде присутствуют условия для бактериального образования токсичных ртутьорганических соединений, например – метилртуть [109]. В то же время исследования закономерностей миграции и накопления ртути в биотических и абиотических компонентах наземных экосистем немногочисленны и носят фрагментарный характер [14, 44, 38]. До настоящего времени все еще

недостаточно данных о распределении ртути в почвах и пространственно-географических различиях ее содержания в почвенном покрове [6, 7, 20, 21, 35, 37].

Основная масса исследований поведения ртути в наземных экосистемах проводится на территориях подвергшихся загрязнению металлом [122, 140, 177]. В то время как незагрязненные территории практически не исследуются [26, 95, 137].

В связи с чем наибольший интерес представляют особо охраняемые территории, испытывающие очень слабую антропогенную нагрузку, где основным источником поступления ртути в наземные экосистемы являются атмосферные осадки. Именно эти территории необходимо рассматривать как фоновые при изучении биогеохимии ртути.

Из всех наземных широко распространенных экосистем, лесные экосистемы обладают, значительным потенциалом, обеспечивающим как фиксацию, так и высвобождение ртути [143, 149]. При этом одна из основных ролей в этих процессах отдается почвенному покрову и особенностям условий почвообразования лесных почв.

Цель работы: установление особенностей распределения ртути в почвах различных биоценозов особо охраняемых природных территорий лесостепной и лесной природных зон и возможности ее миграции по наземным пищевым цепям.

Для достижения поставленной цели предполагалось решить следующие задачи:

1. Определить уровень содержания ртути в различных типах почв Воронежского и Окского заповедников, где локальное загрязнение сведено к минимуму, а основным источником поступления ртути в наземные экосистемы являются атмосферные осадки;
2. Установить особенности накопления ртути в почвенном покрове в зависимости от биоценоза;
3. Выявить физико-химические и химические свойства почв, и их влияние на накопление соединений ртути;

4. Установить региональные отличия в процессах накопления и распределения ртути в почвах заповедников находящихся в различных географических условиях;

5. Определить содержание ртути в организмах находящихся на разных трофических уровнях наземной пищевой цепи.

Научная новизна. Впервые определено содержание ртути в почвах различного генезиса Воронежского и Окского заповедников. Проведено комплексное исследование особенностей накопления и распределения ртути в почвах и педобионтах в зависимости от типа лесного биоценоза, физико-химических и химических свойств почв. Выявлены особенности аккумуляции ртути в различных звеньях наземной пищевой цепи в зависимости от ее содержания в верхних горизонтах почв.

Теоритическая и практическая значимость. Результаты проведенных исследований могут служить фоновыми значениями при мониторинге содержания ртути в почвах естественных и техногенных экосистем; позволяют прогнозировать изменение содержания ртути в почвах при смене растительного покрова. Полученные данные вносят вклад в изучение механизмов миграции и биоаккумуляции ртути в компонентах наземных экосистем. На основе результатов исследования можно выбирать объекты для мониторинга на уже существующих особо охраняемых природных территориях или при их организации. Полученные данные могут быть использованы при составлении прогнозов состояния окружающей среды на территориях со сходными природно-климатическими условиями; результаты работы могут быть включены в учебные дисциплины бакалавров и магистров по направлениям «Почвоведение», «Экология», «Природопользование».

Положения, выносимые на защиту:

- Содержание ртути в почвах Окского и Воронежского заповедников варьирует в широких пределах (от следовых количеств до 0.212 мг/кг) и определяется характером биоценоза, а так же характерными для каждого из рассмотренных типов почв физико-химическими и химическими свойствами;
- Почвенной покров служит источником поступления ртути в пищевые цепи наземных экосистем;
- Количество накопленной ртути в органах и тканях дождевых червей и насекомоядных млекопитающих выше, чем концентрации металла в растительных млекопитающих и зависят от ее содержания в поверхностных горизонтах почв;
- Содержание ртути в организмах дождевых червей и насекомоядных млекопитающих выше концентраций металла в почве. У млекопитающих, в рационе которых преобладают растительные корма, содержание металла количественно близко к его содержанию в верхних горизонтах почв.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Общая характеристика элемента

Металлическая ртуть и некоторые ее соединения (киноварь, метациннабарит, йодистая ртуть, амальгамы) известны человеку и в той или иной мере используются уже около 10 тыс. лет [94].

Ртуть является элементом Пб подгруппы периодической системы Д. И. Менделеева. Ее атомный номер – 80, атомная масса – 200.59 [92]. Известны семь стабильных изотопов ртути встречающихся в природе с атомными массами 196 (0.15%), 198 (10.12%), 199 (17.04%), 200 (23.13%), 201 (13.18%), 203 (29.8%), 204 (6.72%) [84]. Известны искусственные радиоактивные изотопы с массовыми числами 189, 191, 192, 193, 194, 195, 197, 199, 201, 203, 205.

Ртуть жидкий, серебристо-белый металл, при затвердевании становится белым. Плотность ртути меняется с изменением температуры. Точка плавления ртути -37.87°C . Температура кипения относительно низка и изменяется в зависимости от давления, составляя в среднем 356.66°C . Низкие температуры плавления и кипения определяют опасно высокие концентрации ее паров при проливах. При температуре 24°C , в атмосферном воздухе насыщенном парами ртути, ее концентрация составляет 18 мг/м^3 , что превышает максимально предельно допустимую концентрацию в воздухе рабочей зоны в 1800 раз. Ртуть единственный металл образующий одноатомные пары при комнатной температуре. Уникальные физико-химические свойства определяют потребность использования металла в качестве электрода, теплоносителя и защитного агента от радиационного излучения.

Кроме атомарного состояния (Hg^0) для ртути характерны соединения, в которых степень ее окисления равна +2 и формально +1. В последних содержится группировка атомов ртути, где оба атома двухвалентны и одна валентность каждого атома затрачивается на связь с другим по схеме – $\text{Hg} - \text{Hg} -$. Соединения Hg^{2+} в природной среде встречаются значительно чаще, чем Hg^{1+} [39].

В окружающей среде ртуть присутствует в следующих формах [98]:

- Элементарная ртуть – электронейтральные атомы ртути, находящиеся при комнатной температуре в форме жидкости, при испарении образующие оксид ртути (HgO), легко распространяющийся в воздухе;

- Химически активная ртуть – двухвалентный катион, легко реагирующий с другими молекулами и быстро выпадающий из воздуха;

- Метилртуть и родственные ртуть органические соединения – ртуть образует класс металлорганических соединений, характеризующийся присоединением атома ртути к одному или двум атомам углерода. Такие соединения устойчивы по отношению к воде, кислотам и основаниям, однако легко подвергаются термическим и фотохимическим реакциям;

- Сорбированная ртуть – молекулы ртути связанные с почвой, донными отложениями и аэрозольными частицами.

Большое количество соединений ртути образующихся в природной среде, а так же возможность их взаимного превращения, делают очень сложной, и иногда и невозможной определение индивидуальных соединений. Поэтому применительно к поведению ртути в природе часто прибегают к понятию «формы ртути» (mercury species) понимая под этим группы или классы соединений, обладающих отличительным набором свойств [2, 10]. Одним из частых вариантов разделения ртути на формы является «органическая» и «неорганическая» ртуть. Несмотря на то, что эти термины не совсем корректны, они прочно укоренились в научной литературе и официальных документах [19]. Применительно к природным системам, в первую очередь выделяют органические соединения, в которых ртуть связана с углеродом ковалентной связью, а во вторую – координационными или ионными связями с различными связывающими центрами [143, 178].

С точки зрения экотоксикологии наибольшее значение имеют алкилртутные соединения с короткой цепью. Такие соединения образуют прочные связи с серой. Менее прочны их связи с азотом, кислородом и галогенами. Сильные минеральные кислоты разрывают связь ртуть-углерод с образованием неорганических соединений.

Важнейшей геохимической особенностью ртути является то, что среди других халькофильных элементов она обладает самым высоким потенциалом ионизации. Это обуславливает такие свойства ртути как способность восстанавливаться до атомарной формы, высокую химическую стойкость к кислороду и кислотам [16].

Основная форма нахождения металла в земной коре – рассеянная. В месторождениях заключено порядка 0.02% [49, 76]. Кроме атомарного состояния для ртути характерны соединения, в которых она может быть в двухвалентном и формально в одновалентном состоянии [22].

1.2 Источники поступления ртути в окружающую среду

В воздухе постоянно содержится до 5000 т ртути в виде паров или аэрозольном состоянии [162]. Время пребывания паров элементарной ртути в атмосфере составляет 1-2 года. Реакционные ионные формы металла находятся в атмосфере от нескольких часов до нескольких дней [50]. В слабозагрязненном воздухе концентрация ртути составляет 0.8-1.2 нг/м³, в районах крупных ртутных месторождений - до 240 нг/м³, в районах газовых месторождений - до 70000 нг/м³, в то время как среднее содержание ее в атмосфере 0.5-2.0 нг/м³ [25]. Основным путем поступления ртути в атмосферу в доиндустриальное время была эмиссия из природных источников. С началом индустриального периода (ок. 1850 г.) содержание ртути в атмосфере увеличилось в 2-4 раза [128]. Об этом свидетельствуют временные тренды уровней концентрации ртути в донных озерных отложениях, торфяниках и ледниковом льду – основных естественных фиксаторах содержащегося в атмосфере металла.

Основные источники ртути в биосферу разделяются на две группы: природные и антропогенные [174]. Естественные источники могут быть подразделены на глобальные эндогенные – верхняя мантия, вся толща земной коры, из-за рассеянных в них соединений ртути, и глобальные экзогенные – выветривание из горных пород и почв, испарение с поверхности мирового океана, лесные пожары. В отдельную категорию можно выделить поступление ртути в атмосферу при извержении вулканов. Вспышки вулканической активности могут менять

геохимические характеристики на очень большой площади земного шара, поскольку они сопровождаются выходом в атмосферу целого ряда химических веществ [99].

Антропогенные источники делятся на три категории. К первой относятся текущие антропогенные выбросы, возникающие в результате мобилизации ртутных примесей из сырьевых материалов. Ко второй - текущие антропогенные выбросы, связанные с намеренным использованием ртути в технологических процессах или конечном продукте, т.е. выбросы во время производства, утечек и т.п. В третью группу выделяют ртуть поступающую в результате повторной мобилизации исторических антропогенных выбросов ртути, отложившихся в почвах, водных объектах, осадках, погребенных отходах и мусорных свалках. Классификация антропогенных источников приведена в таблице 1. Вклад различных антропогенных источников в процесс эмиссии ртути в атмосферу приведен на рис. 1.

Доминирующую позицию по антропогенным выбросам металла занимает сжигание всех видов топлив. При добывании золота по-прежнему продолжает использоваться способ ртутного амальгамирования [126].

При сжигании отходов основной вклад вносит утилизация бытовых, промышленных и медицинских отходов. Сжигание биомассы не является мощным источником. Достаточно нелегко определить границу между выбросами от естественных лесных пожаров и сжиганием топлива для производства энергии. Оценка глобальных выбросов ртути из различных антропогенных источников приведена в таблице 2.

Таблица 1

Основные антропогенные источники поступления ртути в биосферу (UNEP, 2005).

№	Категория	Источники
1	Добыча и использование топлива/источников энергии	<ul style="list-style-type: none"> - Сжигание угля на крупных электростанциях - Прочие применения угля - Нефть – добыча, перегонка и использование - Природный газ – добыча, переработка - Прочие ископаемые топлива – добыча и использование - Получение энергии и тепла сжиганием биомассы - Производство геотермальной энергии
2	Производство первичных (самородных) металлов	<ul style="list-style-type: none"> - Извлечение и начальная переработка ртути - Извлечение золота и серебра амальгамацией - Извлечение и первичная переработка меди - Извлечение и первичная переработка свинца - Извлечение и начальная переработка цинка - Извлечение и начальная переработка золота методами, отличными от ртутной амальгамации - Извлечение и первичная переработка алюминия - Другие цветные металлы – извлечение и переработка - Первичное производство черных металлов
3	Производство других минералов и материалов с примесями ртути	<ul style="list-style-type: none"> - Производство цемента - Целлюлозно-бумажная промышленность - Другие материалы и минералы - Производство извести
4	Намеренное использование ртути в промышленных процессах	<ul style="list-style-type: none"> - Хлор-щелочное производство с использованием ртутной технологии - Производство мономера винилхлорида (МВХ) с дихлоридом ртути ($HgCl_2$) в качестве катализатора - Производство ацетальдегида с сульфатом ртути ($HgSO_4$) в качестве катализатора - Прочие производства химикатов и полимеров с использованием соединений ртути в качестве катализаторов
5	Потребительские товары с намеренным использованием ртути	<ul style="list-style-type: none"> - Ртутные термометры - Электрические переключатели и реле с использованием ртути - Источники света с содержанием ртути - Батареи с содержанием ртути - Биоциды и пестициды - Краски

		<ul style="list-style-type: none"> - Фармацевтические препараты для людей и ветеринарии - Косметика и сопутствующая продукция
6	Другая продукция/процессы с намеренным использованием ртути	<ul style="list-style-type: none"> - Зубная амальгама - Манометры и датчики - Лабораторные химикаты и оборудование - Использование металлической ртути в религиозных ритуалах и народной медицине - Разная продукция, использование металлической ртути и другие источники
7	Производство переработанных металлов («производство вторичных» металлов)	<ul style="list-style-type: none"> - Производство переработанной ртути («вторичное производство») - Производство переработанных черных металлов (чугун и сталь) - Производство других переработанных металлов
8	Сжигание отходов	<ul style="list-style-type: none"> - Сжигание бытовых/общих отходов - Сжигание опасных отходов - Сжигание медицинских отходов - Сжигание коллекторного отстоя - Нелегальное сжигание отходов
9	Размещение/захоронение отходов и очистка сточных вод	<ul style="list-style-type: none"> - Контролируемое захоронение/размещение - Диффузное размещение с определенной степенью контроля 238 - Нелегальная локальная утилизация отходов промышленного производства - Нелегальная свалка общих отходов - Система/очистка сточных вод
10	Крематории и кладбища	<ul style="list-style-type: none"> - Крематории - Кладбища

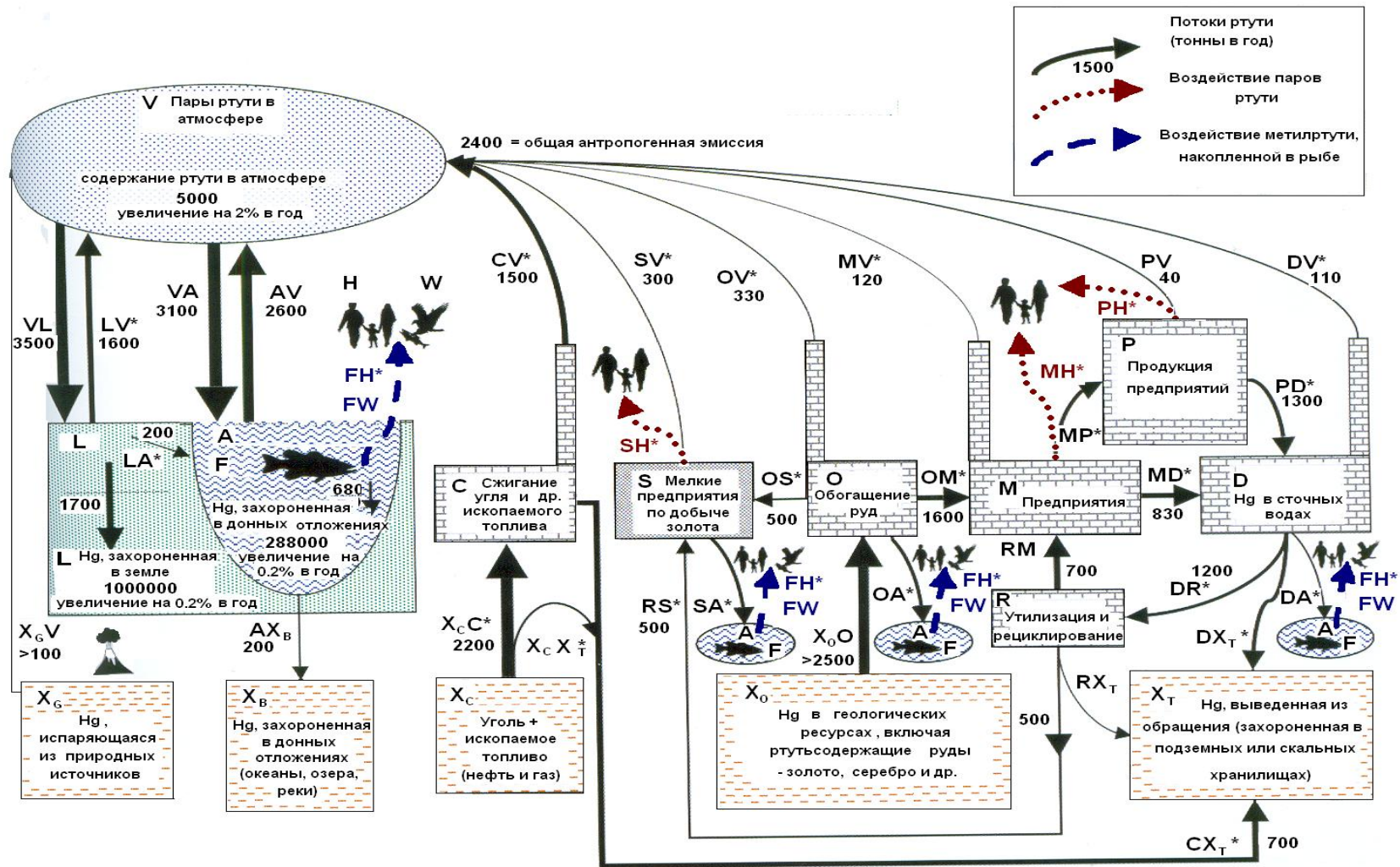


Рис 1. Основные пути распространения ртути в окружающей среде [132]

Пояснения к рис. 1 (основные составляющие глобального круговорота ртути)

Код	Краткое обозначение	Определение
A	водные системы	Ртуть в водных экосистемах и болотах. Ртуть, поступившая в водные системы, метилируется и аккумулируется рыбой.
C	сжигание угля и другого ископаемого топлива	Ртуть, поступившая в атмосферу в результате сжигания ископаемого топлива (уголь, нефть, природный газ.)
D	обработка	Ртуть в сточных водах хлор-щелочного или других производств
F	рыба	Ртуть в рыбе представлена метилированной формой.
H	человек	Ртуть, поступающая в организм человека с пищей (из рыбы) или при вдыхании паров.
L	суша	Ртуть в почве. Источники: осаждение на поверхность земли неорганических соединений металла, геологические месторождения ртути.
M	производство	Ртуть используемая в производстве (продукты, содержащие ртуть, или технологические процессы с использованием ртути.
O	производство металлической ртути	Ртуть ставшая подвижной в результате обработки и очистки нетопливных минеральных ресурсов X_O .
P	продукты	Ртуть содержащаяся в продуктах промышленного производства и приборах (термометры, переключатели, аккумуляторные батареи, флуоресцентные лампы, фунгициды, лекарства)
R	утилизация и рециклирование	Ртуть извлеченная из отходов, очищенная и поступившая в продажу или выведенная из обращения.
S	мелкие предприятия по добыче золота	Ртуть используемая независимыми золотодобытчиками для концентрации самородного золота в процессе амальгамации.
V	пар	Пары ртути в воздухе помещений и вне помещений.
W	животные	Ртуть, поступившая в организм рыбоядных диких животных и птиц.
X	вне биосферы	Ртуть раздела X не является частью биосферного круговорота и поэтому не опасна для людей и животных и может перейти в подвижное состояние когда-нибудь в будущем.
X_B	выведенная из обращения в результате естественных процессов	Ртуть, ранее находившаяся в биосфере, захороненная в осадках океанов, озер, дельтах рек.
X_C	запасы угля и другого ископаемого топлива	Ртуть в месторождениях ископаемого топлива (уголь, нефть, природный газ), которая может быть добыта и сожжена.
X_G	геологическая	Ртуть в геологических породах, из которых пары металла поступают в атмосферу в результате естественных процессов.
X_O	руды	Ртуть в геологических породах, не являющихся топливным ресурсом. Включает руды различных металлов – золота, серебра, олова, свинца, цинка, железа и др. Все геологические породы содержат определенное количество ртути, даже известняк, обжигаемый для производства извести.
X_T	выведенная из обращения в результате технологических процессов	Ртуть помещенная на постоянное хранение или захороненная в подземных или скальных хранилищах

Таблица 2

Выбросы ртути в атмосферу в 2005 году, тонн/год [175]

Источник	Количество тонн	% от общей антропогенной эмиссии
Сжигание топлива	878	45.6
Незаконная мелкомасштабная добыча золота	351	18.2
Производство металла	200	10.4
Крупномасштабное производство золота	111	5.78
Производство цемента	189	9.8
Хлор-щелочное производство	46.8	2.43
Сжигание отходов	125	6.49
Кремация	25.7	1.3

В географическом плане отмечается значительная диспропорция по количеству поступающей в атмосферу ртути из антропогенных источников. Лидирующие позиции занимает Азиатский регион, на его долю приходится ~66% всех выбросов металла. На втором месте находится Европа и Северная Америка по ~8%, далее следует Южная Америка – ~7%. Россия выделяется отдельно, так как территория страны лежит как в Европейском, так и в Азиатском регионах – ~4%. Африка и страны Океании суммарно дают ~7% выбросов (рис 2).

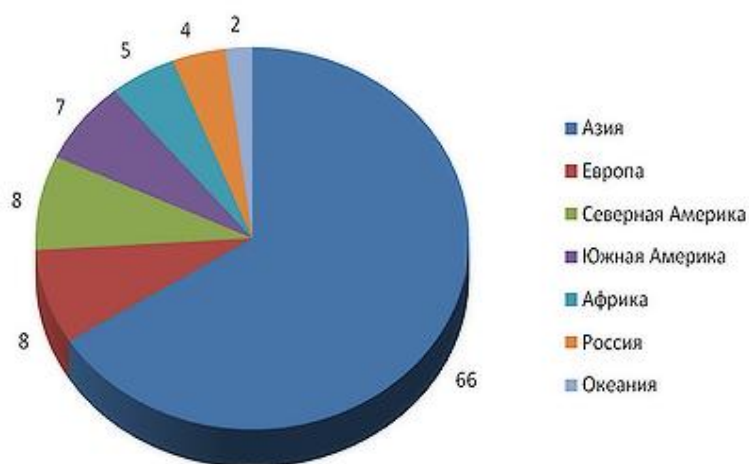


Рис. 2. Пропорция глобальной антропогенной эмиссии ртути в 2005 году в различных регионах мира, % [176].

1.3. Ртуть в компонентах биосферы

1.3.1 Ртуть в атмосфере

Среднее содержание ртути в атмосфере над открытым океаном в северном полушарии выше по сравнению с южным, и составляет 3 и 1 нг/м³ [113, 168]. Это говорит о присутствии мощных антропогенных источников в северном полушарии, которое является более промышленно развитым и густонаселенным, по сравнению с южным.

Большая часть выбросов в атмосферу это газообразная элементарная ртуть – до 53% от общего объема, всей поступающей ртути. Выбросы химически активной двухвалентной газообразной ртути достигают 37%, связанной с аэрозольными частицами, такими как сажа – не более 10% [152].

Элементарная ртуть, определяющая фоновое содержание металла в атмосфере, легко транспортируется на значительные расстояния и удаляется из нее при сухом выпадении на земную поверхность или с атмосферными осадками после окисления до водорастворимой двухвалентной ртути. Именно с летучестью, а так же с долгим временем жизни связано глобальное распространение металла по планете [128].

В атмосфере газообразная элементарная ртуть подвергается окислению в результате химических реакций с радикалами галогенов, гидроксильным радикалом и озоном. Конечным результатом таких реакций является образование газообразной двухвалентной реакционно-активной ртути [103].

1.3.2 Ртуть в гидросфере

Ежегодное поступление ртути в гидросферу оценивается в 6000 т. Примерно треть общего потока ртути циркулирует в системе океан атмосфера [154]. Главным источником неорганических соединений ртути для континентальных водоемов являются атмосферные осадки [131]. Источником метилированных соединений - донные отложения, водная масса и поверхностный сток с площади водосборных бассейнов [159].

Формы нахождения ртути в водных экосистемах зависят от окислительных-восстановительных условий и реакции среды, а также от

концентрации органических и неорганических ртутьсвязывающих реагентов. В водной среде ртуть существует в виде множества химических соединений и физических форм, с большим разнообразием соединений, определяющих механизмы ее распространения, биоаккумуляции и токсичные свойства. Наиболее важные формы ртути в водных экосистемах это элементарная ртуть (Hg^0), неорганическая ртуть (Hg^{2+}), монометилртуть (CH_3Hg^+) и диметилртуть (CH_3HgCH_3) [51].

В поверхностных водах суши ртуть мигрирует в растворимой форме и в составе взвеси. Типичные фоновые концентрации валовой ртути в природных пресных водах составляют 0.003 – 0.007 мкг/л. Незагрязненные пресные воды, как правило, содержат <5 нг/л общей ртути [101, 105].

Прочная связь ртути с гуминовым веществом имеет большое значение для транспорта металла в бассейнах рек. В богатых гуминовым веществом водах озер и рек может быть определено до 20 нг/л металла [173]. Перенос органического вещества, находящегося на поверхности почв, с поверхностным стоком может служить главным источником попадания ртути и метилртути в реки и озера. Характеристики водораздела, такие как тип водосбора, землепользование и содержание органики в почве также влияют на образование и перенос ртути и метилртути в водоемы [167].

Донные отложения представляют собой основное хранилище ртути в пресноводных экосистемах. Они выступают, и как в роли приемника металла, так и в роли вторичного источника. Фоновые концентрации ртути в донных отложениях изменяются в диапазоне от 20 до 100 нг/мг [127].

Бактериальное превращение неорганической ртути в монометилртуть, являющейся первой стадией биоаккумуляции и миграции ртути по пищевой цепи, это важная особенность круговорота ртути в любой водной экосистеме.

1.3.3 Ртуть в почвах.

Почва один из важных компонентов в глобальном биогехимическом цикле ртути. Большая часть металла осаждается на поверхность почвы, а его перемещение в водных экосистемах зависит от наземных [164, 171].

Помимо элементарной ртути в почве присутствуют неорганические и органические соединения. Среди первых выделяют подвижные (водо- и кислоторастворимые), оксидную и сульфидную формы [69].

Кларк ртути в почвах составляет 0.01 мг/кг. В подзолистых почвах Канады концентрации ртути превышают кларк в 6 раз (табл.3). В отдельных случаях до 70 раз. В гидроморфных почвах это превышение составляет 5 раз, в органогенных – до 40. В торфяных почвах США концентрации ртути превышают кларк в 20 раз [41]. В почвах Швеции – в 6, Монголии – в 30. Для областей умеренного климата отмечается более высокое содержание ртути в верхних органических горизонтах почв [115, 134].

Таблица 3

Концентрации ртути в почвах разных регионов мира

Район, Почвы	Hg _{СРЕД.} , мг/кг	Пределы, мг/кг	Источник
Канада Глейсоли	0.053	0.018 – 0.022	[41]
Органогенные почвы	0.41	0.05 – 1.11	
Подзолы и песчаные почвы	0.06	0.01 – 0.70	
Ртутных рудников		0.2 – 1.9	
США			[41]
Торфянистые почвы	0.28	0.01 – 4.60	
Светлые почвы пустынь	0.06	0.02 – 0.32	
Израиль			[41]
Пески пустынь	0.02	0.008 – 0.03	
Почвы Швеции	0.060	0.004 – 0.992	[143]
Почвы Монголии	0.37	-	[64]

Для ряда регионов России отмечаются повышенные концентрации ртути по отношению к кларку почв. В почвах равнинной части Предкавказья концентрация валовой ртути составляет 0.06 мг/кг (табл. 4). В предгорьях Кавказа ее содержание возрастает до 0.12 мг/кг [35]. В черноземах Кабардино-Балкарии концентрации ртути варьируют в пределах 0.033 – 0.072 мг/кг. В Московской области фоновые концентрации ртути изменяются в диапазоне 0.030 – 0.086 мг/кг, а в условиях техногенного загрязнения в 0.092 – 0.310 мг/кг [34]. Для различных типов почв Забайкалья установлено фоновое медиальное значение в 0.018 мг/кг. Причем, максимальные

концентрации отмечались в каштановых и пойменных почвах – 0.026 и 0.024 мг/кг, соответственно. В гумусово-аккумулятивном горизонте серых лесных почв и черноземов этого же региона концентрация ртути колеблется в пределах 0.011-0.017 и 0.010-0.012 мг/кг, соответственно [37]. Опесчаненные подзолы в Тюменской области содержат ртути 0.001 – 0.05 мг/кг. В таежных поверхностно-глеевых почвах концентрации ртути варьируют в диапазоне 0.01 – 0.08 мг/кг, в тундровых слабоглеевых гумусных почвах достигают 0.013 – 0.172. Максимальным содержанием ртути в этом регионе характеризуются болотные торфяные почвы, в которых концентрация металла составляет 0.02 – 0.30 мг/кг [30]. Черноземы южной части западной Сибири содержат в гумусово-аккумулятивном горизонте 0.012 – 0.04 мг/кг ртути, серые лесные почвы – 0.017 – 0.032 мг/кг, болотные низинные – 0.012 – 0.043 мг/кг, дерново-подзолистые 0.014 – 0.05 мг/кг [7].

Таблица 4.

Концентрации ртути в почвах некоторых регионов России

Регион, почвы	Hg _{СРЕД} , мг/кг	Пределы, мг/кг	Источник
Кабардино-Балкария	0.048	0.033 – 0.072	[34]
Московская область		0.030 – 0.310	[34]
Забайкальский край Серая лесная	0.013	0.011 – 0.017	[37]
Чернозем мучнисто- карбонатный	0.011	0.010 – 0.012	
Каштановая типичная	0.015	0.010 – 0.026	
Тюменская область Подзол песчаный	0.021	0.001 – 0.050	[30]
Таежная поверхностно- глеевая	0.026	0.010 – 0.080	
Тундровая слабоглеевая	0.055	0.013 – 0.172	
Болотная торфяная	0.225	0.020 – 0.300	
Юг западной Сибири Чернозем	0.023	0.012 – 0.040	[7]
Серая-лесная	0.025	0.017 – 0.032	
Болотная низинная	0.022	0.012 – 0.043	
Дерново-подзолистая	0.027	0.014 – 0.050	
Республика Алтай	-	0.020 – 0.040	[42]
Белгородская область	0.021	0.018 – 0.023	[53]

В крупных городах концентрации ртути в почвах достаточно высоки и превышают установленные средние значения для не урбанизированных территорий. Содержание металла в почвах хорошо коррелирует с количеством предприятий использующих в технологическом процессе соединения ртути на единицу площади. Средняя концентрация ртути в почвах Санкт-Петербурга составляет 0.416 мг/кг (табл. 5). Наименьшее ее содержание зарегистрировано в районах, с наименьшей плотностью предприятий. Повышенные концентрации металла наблюдаются в районах города с наибольшей площадью промышленных предприятий [24]. Аналогично происходит распределение ртути в почвах Томска. Наиболее загрязненный ореол соответствует району, в котором расположена ГРЭС. Повышенное содержание элемента обнаруживается в пробах в районах с интенсивным движением автотранспорта, в жилых районах с преобладающим печным отоплением, в районах местонахождения несанкционированных свалок [74]. Похожее распределение ртути отмечено в Новосибирске, Волгограде, Комсомольске-на-Амуре [6, 46, 81].

Таблица 5

Ртуть в почвах городов России.

Город	Hg _{СРЕДЬ} , мг/кг	Пределы, мг/кг	Источник
Санкт-Петербург	0.416	0.104 – 1.401	[24]
Новосибирск	0.072	-	[7]
Томск	0.91	0.67 – 1.15	[74]
Волгоград	-	0.006 – 0.068	[81]
Комсомольск-на-Амуре	0.48	0.03 – 0.82	[46]
Иркутск	0.095	0.003-2.68	[90]

Особую опасность для ландшафтов представляет собой поступление ртути в почвы связанное с промышленным загрязнением. В почвах Павлодарского химического завода содержание ртути превышает фон в 50 раз. В Центральном Казахстане в пригороде Термитау содержание ртути верхних горизонтах почв колеблется в пределах 375 мг/кг. В верхних слоях почв города Термитау общее содержание ртути оценивается в 53 т. В угольных месторождениях восточного Казахстана содержание ртути в почве

колеблется в пределах 0.20 – 5.99 мг/кг [65, 66, 67]. Среднее значение техногенного фона ртути в почвах Донецко-Макеевского угольного района составляет 165 мг/кг. В зоне угледобывающих шахт ее концентрация доходит до 9, в почвах Никитского рудного комбината – 15 – 20, в зонах коксохимического и металлургического заводов г. Енакиево – 10 – 15 мг/кг [68]. Средняя концентрация ртути в почвах вблизи от Кирово-Чепецкого химического комбината составляет 4.93 мг/кг, достигая отдельных случаях 18 мг/кг [36].

Концентрации ртути в почвах заповедных территорий, с минимальным внешним антропогенным воздействием, существенно ниже, чем на территориях подверженных влиянию хозяйственной деятельности человека. Так концентрации ртути в легкосуглинистых подзолистых почвах Центрально-лесного биосферного заповедника составили 0.103 мг/кг, с максимальным содержанием 0.395 мг/кг в лесной подстилке, и в 0.005 мг/кг в материнской породе; в подзоле иллювиально-железистом - 0.02 мг/кг, с максимумом в лесных подстилках - до 0.273 мг/кг. В торфяных почвах этого же заповедника средняя концентрация металла составляет 0.142 мг/кг. Наибольшее содержание отмечается в торфяных органогенных горизонтах - 0.150-0.257 мг/кг [55].

Таблица 6

Концентрации ртути в почвах заповедников России.

Заповедник	Hg _{СРЕД} , мг/кг	Пределы, мг/кг	Источник
Центрально-лесной	0.103	0.005 – 0.395	[55]
Кандалакшский	0.113	0.008 – 0.273	[55]
Хинганский	0.016	0.01-0.31	[124]
Комсомольский	0.016	0.01-0.31	[124]
Большехехцирский	0.016	0.01-0.31	[124]
Белогорье	-	0.03-0.015	[53]

В почвах Хинганского, Комсомольского, Большехехцирского заповедников средняя концентрация ртути составляет 0.16 мг/кг, с пределами 0.01-0.31 мг/кг [124]. В целинном черноземе типичном заповедника «Белогорье» содержание металла в гумусово-аккумулятивном

горизонте составляет 0.030 мг/кг, с плавным снижением с глубиной до 0.015 мг/кг [53]. В черноземах заповедных территорий Украины, принятых за эталон почв Донбасса содержание ртути составляет 0.037 мг/кг [43].

Практически для всех типов почв характерно уменьшение концентраций ртути с глубиной почвенного профиля [28]. Максимальное содержание отмечается в минеральных гумусово-аккумулятивных горизонтах. В лесных почвах наибольшие концентрации валовой ртути сосредоточены в лесных подстилках [143]. В профиле лесной подстилки происходит увеличение содержания ртути от подгоризонта деструкции к горизонтам ферментации и гумификации [20]. Развитие процессов разложения и гумификации растительного опада приводит к снижению пространственной неоднородности подстилки по содержанию ртути. Процессы торфонакопления способствуют увеличению запасов ртути в органогенных горизонтах болотных почв, вследствие замедленной минерализации органического вещества. Ртуть связана в торфяных горизонтах сравнительно прочно: в раствор переходит не более 0.85% ее общего содержания. Кроме того, огромная водоудерживающая способность торфа замедляет инфильтрацию воды в почву при выпадении осадков, чем уменьшает вынос ртути. Установлено, что минимальный вынос ртути происходит с водосборов, где большую площадь занимают торфяники [120].

Все формы ртути в почвах можно условно разделить на четыре типа: 1) водорастворимая ртуть – легко доступная для растений; 2) ртуть растворимая в ацетатно-аммонийном буферном растворе (рН 4.8) – условно легко доступная растениям; 3) кислоторастворимая ртуть – потенциально доступная для растений форма ртути; 4) щелочерастворимые формы ртути – ртуть условно связанная с подвижными гумусовыми веществами.

Изучение форм соединений ртути в техногенно-загрязненной почве показало, что до 30-40% ее входит в состав свободных и связанных с подвижными полуторными окислами гумусовых веществ. Концентрации водорастворимой и ацетатно-растворимой форм крайне низки [6]. При

оценке подвижности ртути в почвах по ее концентрации в водной вытяжке, установлено, что максимальная подвижность характерна для подстилки. В минеральных горизонтах подвижность металла крайне незначительна. В связи с чем потенциальная водная миграция может проявляться только в подстилке [55].

Установлено, что при кислых и слабокислых реакциях среды ртуть может накапливаться в иллювиальном горизонте. В гумусово-аккумулятивном горизонте концентрация ртути определяется выщелачиванием или биогенной аккумуляцией, приводящей к связыванию этих форм ртути с гуминовыми кислотами. В результате образуются комплексные соединения удерживающие 70-80% валовой ртути [35].

При исследовании черноземов и каштановых почв Алтая установлено, что миграционная способность ртути увеличивается в присутствии фульвокислот и уменьшается с возрастанием содержания гуминовых кислот, что приводит к образованию устойчивых металлорганических соединений [63].

В условиях модельного лабораторного эксперимента показано, что максимальное поглощение ртути почвой наблюдается при pH от 3 до 5 [96]. При повышении pH количество растворенной ртути резко снижается. Растворенное органическое вещество, количество которого увеличивалось при повышении pH, образует с ртутью комплексные соединения. При предварительном удалении органического вещества из исследуемых образцов поглощение ртути почвой снижалось в условиях кислой реакции, и увеличивалось в щелочной. В других модельных исследованиях в системе почва-вода показано, что при введении в почвенный раствор глюкозы, повышающей содержание органического углерода, увеличивается концентрация общей ртути в 11 – 15 раз [54].

Статистически достоверная зависимость между содержанием ртути и органическим веществом установлена в загрязненных почвах Теннесси ($r = 0.52$) и для незагрязненных минеральных почв Сьерра-Невады ($r = 0.83$)

[151, 153]. При исследовании лесных почв Швейцарии обнаружена слабая статистически достоверная зависимость ($r = 0.16$) [95]. В почвах Забайкалья установлена очень слабая корреляционная связь ртути с гумусом [37].

В рамках модели «Ртуть/Биомасса» при изучении трансформаций ртути в профиле подзолистых почв показано, что наиболее вероятными ртуть-связывающими центрами в почвенных горизонтах являются азот-содержащие центры в подгоризонтах лесных подстилок, углерод-содержащие центры гуминовых кислот в гумусово-аккумулятивных горизонтах, и серосодержащие центры в материнской породе [21]. Так же было установлено, что около 90% ртути в почвах представлено ее соединениями с органическим веществом.

Аккумуляция ртути в органогенных горизонтах почв возможна не только при наличии гумуса, но и благодаря ее свойству образовывать неорганические соединения с кислородом, серой и хлором. Ртуть в атомарной форме способна улетучиваться в результате восстановления ее органическим веществом [34].

Ртуть в почвах может адсорбироваться глиной, оксидами железа, алюминия марганца и кремния [144]. Особо прочные связи образуются с серой. Поэтому в аэробных условиях в почвах богатых органикой, комплексы с органическими тиолами являются доминирующей формой металла. Адсорбция двухвалентной формы ртути и метил-ртути на поверхности гидроксидов железа и глинистых частиц является незначительной. [107]. При анаэробных условиях доминируют соединения ртути с органическими сульфидами [161].

Одной из химических характеристик ферралитовых почв тропиков и субтропиков является высокое содержание окислов железа и алюминия. В ряде работ установлена взаимосвязь содержания ртути и железа в почвах и показано, что концентрация ртути возрастает с увеличением глубины [158, 169]. В настоящее время принято, что в почвах бедных органическим веществом оксиды железа играют важную роль в адсорбции ртути [145, 146].

Ртуть в почвах может аккумулироваться в тонкодисперсных фракциях (0.005 – 0.001 и <0.001 мм) с образованием комплексных ионов и молекул солей [34]. Увеличение содержания ртути может происходить за счет минералов-носителей и минералов-концентраторов, основу которых в почвах составляют полевые шпаты. Эта группа минералов горных пород обогащает почву тонкодисперсными группами вторичных минералов.

Содержание ртути в одном и том же типе почв, зависит от расположения сопряженных ландшафтов: в автономных элювиальных ее концентрация несколько ниже, чем сопряженных трансэлювиальных и супераквальных, что связано с миграционно-аккумулятивными процессами.

Статистический анализ трехфакторного иерархического дисперсионного комплекса показал, что на уровне катены общее варьирование валового содержания ртути в лесных подстилках определяется на 24.1% местоположением разреза в катене и на 74.3% - свойствами отдельных горизонтов подстилки [20]. Анализ двухфакторных дисперсионных комплексов показал, что на уровне отдельных подгоризонтов подстилки основными факторами варьирования валового содержания ртути является пространственная неоднородность подгоризонта и положение разреза в катене. При этом, чем больше степень разложенности подгоризонта подстилки, тем в большей степени валовое содержание ртути в нем зависит от положения разреза в катене.

1.3.4. Ртуть в организмах

По возрастающей степени аккумуляции ртути организмы континентальных биогеоценозов можно расположить в ряд: растения >насекомые >почвенные микроорганизмы >травоядные млекопитающие >хищные млекопитающие >макромицеты [34].

В укосах трав аридного региона концентрации ртути составляет 0.001-0.012 мг/кг (сред. 0.004 мг/кг). В условиях Северного Кавказа, содержание металла в травах достигает 0.002-0.008 мг/кг. Растения поймы р. Воронеж в среднем содержат ртути 0.002 мг/кг сырого вещества. Средние концентрации

ртути в Московской и Архангельской области оказались равными 0.0025 и 0.0037 мг/кг соответственно. В некоторых грибах (белый гриб, гриб-зонтик, шампиньоны) содержится 3000-5000 мкг Hg/кг свежей массы [110].

Для представителей грызунов характерны минимальные среди млекопитающих содержания ртути [44]. У пашечной полевки, желтогорлой, полевой и лесной мыши концентрации ртути измеряются тысячными долями мг/кг сухой массы. У насекомоядных содержание ртути в среднем на порядок выше - до 0.1 мг/кг. Четко выражены различия концентрации металла по органам и тканям: больше всего содержится в печени и в почках, меньше - в мышцах, еще меньше - в мозге.

Хищные млекопитающие не однородны по накоплению ртути в организме. Представители мелких кунных (ласка, горностай) содержат ртути в меньших количествах (до 0.3 мг/кг) чем крупные (норка, выдра, хорь), у которых содержание ртути в почках достигает 0.5-0.7 мг/кг. У представителей псовых содержание металла в печени максимально - 0.5-1.0 мг/кг, и кратно выше, чем в почках, мышцах и мозге.

Число исследований концентраций ртути в беспозвоночных достаточно невелико. При исследовании беспозвоночных животных Приамурья установлено, что содержание металла в жужелицах (*Carabus*) составляет 0.05 мг/кг, в многоножках-фитосапрофагах - 0.03 мг/кг, в брюхоногих моллюсках фитосапрофагах - 0.03-0.08 мг/кг [18]. Концентрации ртути в земляных червях (*Eisenia nordenskioldi*) в городских территориях вблизи населенного пункта составили в среднем 0.25 мг/кг, и до 1.82 в центре города, при средней концентрации ртути в почвах 0.27 мг/кг. В то же время у этого вида в условиях заповедного режима содержание металла варьировало в диапазоне 0.13-0.22 мг/кг, при средней концентрации в почвах 0.16 мг/кг. В земляных червях фитосапрофагах (*Drawida ghilarovi*) концентрации ртути изменялись в диапазоне 0.03-0.14 мг/кг.

В исследованиях концентраций ртути в земляных червях в загрязненных ртутью почвах показано, что в радиусе до 5 км, от источника загрязнения

концентрация ртути в червях вида *Lumbrica terrestris* составила 0.27-3.27 мг/кг, при концентрациях в почве 0.027 – 0.126 мг/кг [138]. В радиусе 10 – 30 км от источника загрязнения концентрации ртути в этих видах червей составили 0.0031 – 0.0048 и 0.007 - 0.017 мг/кг соответственно, при концентрации ртути в почвах 0.004- 0.019 мг/кг. Средняя концентрация ртути в червях относящихся к 3-м разным экологическим группам, обитающим в незагрязненных лесах Швейцарии составила – 1.04 мг/кг [95].

Зависимость между содержанием ртути в теле червей и ее концентрацией в почве обнаруживаются не всегда. При исследовании червей и лесных почв Швейцарии такой зависимости обнаружено не было, за исключением только вида *Lumbrica rubellus* [95]. При исследовании вида *Eisenia andrei* корреляции обнаружить так же не удалось. Установлено, что в земляных червях содержатся метилированные формы ртути, которые по данным разных авторов варьируют в диапазоне 3-13% от общей ртути содержащейся в теле червей [95, 100, 140].

В результате можно выделить три фактора определяющие содержание ртути в живых организмах:

1. Видоспецифичность. Верхний предел содержания ртути, при котором сохраняется физиологическая норма организма, определяется способностью конкретного вида животного к абсорбции ртути;

2. Средоспецифичность. Содержание ртути в организме определяется непосредственно средой обитания вида;

3. Трофоспецифичность. Содержание ртути в хищниках/потребителях зависит от их рациона.

1.4 Токсическое действие ртутьорганических соединений на животных и человека

Высокая токсичность ртути и ее солей известна давно. Гораздо менее исследованы свойства ее метилированных форм. Монометилртуть официально признана тератогенным ядом, способным проникать сквозь плацентарный барьер и приводить к порокам развития у потомства [62].

Ртуть легко замещает железо в элементах крови, образуя прочные химические связи, что в последствии может привести к различного рода патологическим нарушениям [142].

Для норки и выдры содержание ртути в мозге, превышающее 10 мг/кг и в печени в пределах 20-100 мг/кг, несовместимо с жизнью [157]. У лисы острый токсикоз с летальным исходом наблюдался при содержании ртути в печени и почках на уровне 30 мг/кг [97]. В печени пантеры, погибшей, вероятно, в результате отравления метилртутью концентрация металла составляла 110 мг/кг [139]. У домашних кошек острое отравление, приводящее к смерти, наблюдалось при концентрациях ртути в печени 37-145 мг/кг [116]. Пороговая концентрация ртути в пище норки, вызывающая функциональные нарушения, равна 1.1 мг/кг сырой массы [109]. В лабораторных условиях установлено, что не совместимые с жизнью концентрации ртути в печени домашней собаки находятся в диапазоне 2.8-3.3 мг/кг и выше [112].

Оценочные критические концентрации ртути в почвах, после которого наблюдается негативный эффект на почвенную биоту составляет 0.13 мг/кг [106]. Следует отметить, что уровни накопления ртути в органах животных и птиц, серьезные нарушения в функционировании организма или его гибель, регистрируются в природе крайне редко в силу элиминации и быстрой деградации трупов до состояния не пригодного к анализу. Экспериментальные и отдельные находки в природе свидетельствуют о том, что нормальное воспроизводство и жизнь теплокровных находится под угрозой в случае накопления ртути в диапазоне концентраций от 0.1 до 200 мг/кг сырой массы и определяться совокупностью множества факторов [44].

Влияние низких доз метилртути на развивающийся организм. По данным разных авторов содержание ртути в крови плода либо равно ее содержанию в крови матери [155, 170], либо превышает на 20-30% [125, 141]. Максимально зарегистрированное превышение содержания ртути в крови плода по сравнению с материнской кровью составляет 300%.

При обследовании 779 пар «мать-дитя», жителей Сейшельских островов, выявлена статистически недостоверная связь между тономусом конечностей ребенка и содержанием ртути в волосах матери [130]. Увеличенное содержание ртути в волосах матерей положительно коррелирует с задержкой таких этапов развития детей, как начало хождения и стояния без опоры. В результате обследования 738 детей (Сейшельские острова) в возрасте до 1 года, установлено, что средний возраст начала хождения наступал у мальчиков тем позже, чем больше ртути содержалось в волосах их матерей. С каждым увеличением на 10 мг/кг веса содержания ртути в волосах матерей на 2 недели задерживался срок начала хождения [148]. Для 1022 детей с Фарерских островов, обследованных в возрасте 12 месяцев, достоверна обратная связь между содержанием ртути в волосах матерей и началом хождения и стояния без опоры.

Дети дошкольного возраста, подверженные действию метилртути (поступление в организм при питании рыбой), имеют более низкие нейрофизиологические показатели по сравнению со своими сверстниками, не испытывавшими такого воздействия. У некоторых из них наблюдалось ослабление слуха и исчезала четкость зрения (данные обследования 6-7 летних детей с Фарерских островов и острова Мадейра) [111].

У детей до года отмечается ослабление мышечного тонуса и аномальные рефлекссы [133]. В Новой Зеландии отклонения в развитии детей дошкольного возраста проявляются при содержании ртути в волосах матерей в количестве 4-6 мг/кг веса, на Сейшельских островах - при 17.5 мг/кг веса

Влияние низких доз метилртути на организм взрослого населения. В немногочисленных работах по изучению влияния метилртути на организм взрослого человека преимущественно анализируются:

- усвояемость метилртути;
- выведение из организма человека;

- влияние метилртути на сердечно-сосудистую и нервную системы, на органы чувств, а также на репродуктивную систему.

В экспериментах на добровольцах установлено, что организмом человека усваивается и не выводится в течение первых 3-4 дней 91-97% (в среднем 94% метилртути). Из всего объема усвоенного металлоорганического соединения на кровь приходится от 6 до 10% [165].

Данные о влиянии метилртути на сердечно-сосудистую систему человека единичны. Финские исследователи под руководством в течение 7 лет проводили наблюдения за здоровьем 1833 взрослых мужчин [121]. Для тех из них, уровень содержания ртути в волосах которых превышал 2 мг/кг веса, отмечено увеличение в 2 раза риска острого инфаркта миокарда.

У 1000 обследованных детей в возрасте 7 лет при увеличении содержания ртути в крови от 1 до 10 мг/л наблюдалось повышение артериального давления крови в среднем на 14 мм ртутного столба. В некоторых случаях отмечалось снижение вариабельности работы сердца (показатель автономного контроля) [156].

Влияние более высоких доз метилртути на организм взрослого населения. Гораздо более подробно изучена устойчивая и имеющая отсроченные во времени эффекты нейротоксичность метилртути на популяции людей в области Минамата (Япония). 83-93% больных болезнью Минамата страдали нарушениями сенсорных систем, расслаблением мышц рта, слабостью. С возрастом у них усиливались трудности с разговором, тремор рук, возникали сложности с одеванием, обуванием и слухом. Те же проблемы имели место и в группе пациентов из регионов, не подверженных ртутному загрязнению, но в гораздо меньшей степени.

ГЛАВА 2. РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЯ, МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на территории Воронежского и Окского заповедников, расположенных на территории Европейской части Российской федерации в самом центре Русской равнины (рис. 3).

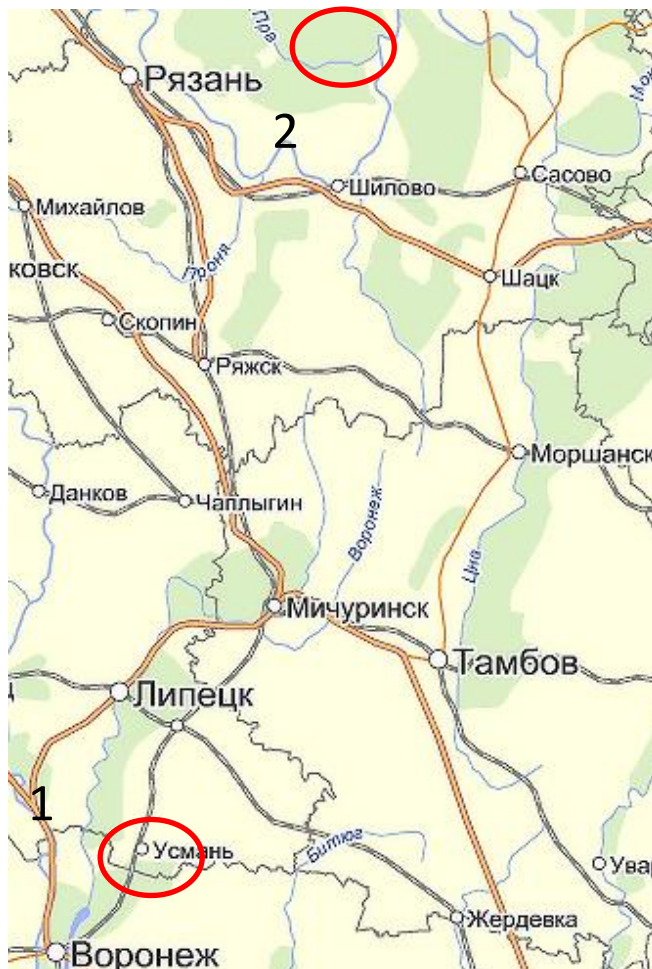


Рис. 3. Географическое расположение исследованных территорий (1 Воронежский заповедник; 2 – Окский заповедник).

2.1. Условия почвообразования Воронежского заповедника

Воронежский заповедник занимает северную часть Усманского бора, который представляет собой один из немногих крупных лесных массивов уцелевших к настоящему времени в пределах лесостепной зоны [3]. Он находится между $51^{\circ}51'$ и $52^{\circ}02'$ с. ш. и $39^{\circ}21'$ и $39^{\circ}47'$ в. д. [48].

Граница заповедника проходит на севере, востоке и западе по опушке леса (рис. 4). На западе граница на протяжении около 5 километров идет вдоль русла реки Воронеж, с юга проходит вдоль железнодорожных веток

Графская – Рамонь, Графская – Анна. Вокруг ВГПБЗ установлена охранный зона шириной от 0.5 до 4 километров, общей площадью 8 тысяч га [72].

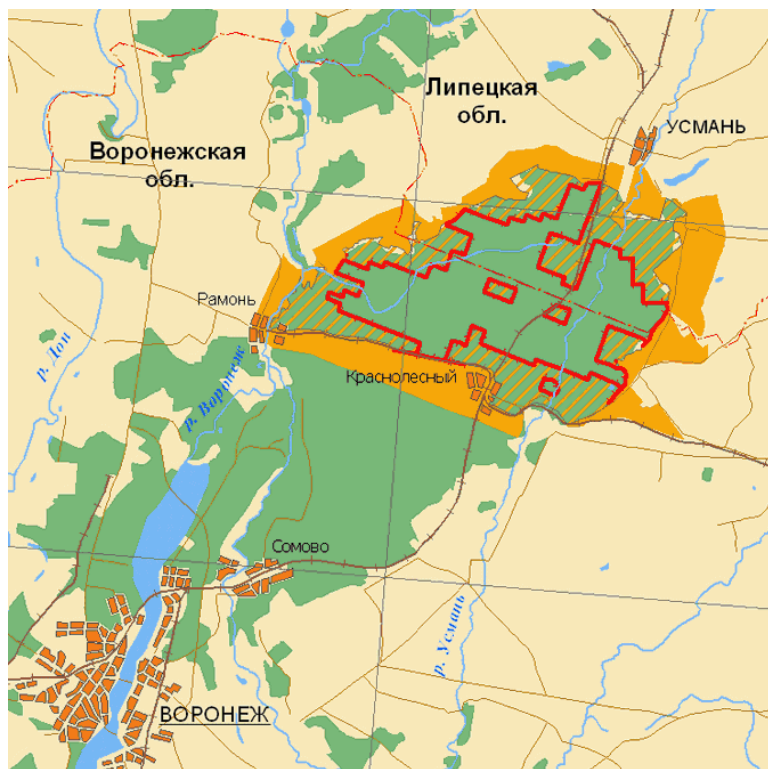


Рис. 4. Географическое положение Воронежского заповедника.

Климат. Для характеристики климата использованы материалы многолетних наблюдений обобщенные в трудах заповедника [5].

Среднегодовая температура за период с 1997 по 2013 годы составила 6.2 °С, по сравнению с предшествующими наблюдениями среднегодовая температура повысилась на 0.9-1.0 °С.

Среднегодовое количество осадков за последние 10 лет составило 628 мм. Однако бывают, как и более засушливые годы (в 1996 году выпало 430 мм осадков), так и более влажные (в 1980 году выпало 892 мм осадков). Последние годы в общем ряду метеонаблюдений выделяются изменением характера осадков: чаще чем раньше стали идти ливневые дожди. В течение года меньше всего осадков выпадает в марте и апреле. Большее количество осадков выпадает в июне и сентябре.

В годовом цикле климатического режима выделяются климатические сезоны: зима, весна, лето, осень.

Продолжительность зимнего периода составляет 122 дня. Сезон начинается переходом среднесуточной температуры через 0°C , в сторону понижения. Дата начала зимнего сезона сильно колеблется. Среднее начало даты зимы – 21 ноября. Большое влияние на формирование климата оказывает снежный покров. Средняя многолетняя дата залегания устойчивого снежного покрова 29 ноября. Однако колебания сроков его образования из года в год велико.

По средним данным весна в заповеднике устанавливается 23 марта. Средняя дата окончания весны, т. е. переход средней суточной температуры воздуха через 15°C в сторону повышения, 23 мая. Средняя температура весеннего сезона составляет 7.9°C , количество осадков в среднем равно 93 мм.

По средним данным лето наступает 24 мая. Самое раннее лето началось 30 апреля 1979 года. Самое позднее лето отмечено в 1978 году - 24 июня. Средняя дата окончания лета - 8 сентября. Средняя температура летнего сезона 17.7°C . Сумма осадков за летний период в среднем составляет 218 мм.

По средним данным осень начинается 8 сентября. Оканчивается осень переходом средней суточной температуры воздуха через 0°C в сторону понижения середине ноября. Средняя температура сезона - 7.3°C . Осадков за сезон выпадает в среднем 123 мм.

Существуют и климатические факторы, отрицательно влияющие на рост и развитие растительности: суховеи, преобладающие в мае, бури, поздние весенние и ранние осенние заморозки. Однако, все эти факторы проявляют себя лишь в отдельные годы и не оказывают существенного влияния на формирование растительности.

Таким образом, территория Воронежского заповедника по климатическим условиям соответствует лесостепи, хотя по некоторым показателям (продолжительность снежного покрова, его мощность) приближается к условиям лесной зоны.

Геоморфология. Исследуемая территория находится в пределах левобережного придолинно-террасного района подзоны типичной лесостепи лесостепной провинции Окско-Донской низменной равнины [89].

В геологическом отношении территория представляет собой молодую, сформировавшуюся в четвертичное время низменную, плоскую, слабо эродированную равнину, сложенную рыхлыми отложениями, лежащими на коренных породах девонского возраста. В конце плейстоцена здесь была широкая глубокая впадина, заполненная в четвертичное время ледниковыми и флювиогляциальными отложениями Донского языка Днепровского оледенения. После себя ледник оставил морену на водоразделах, которая в настоящее время сильно изменена эрозионными процессами. Мощность ее достигает 10 м.

По-видимому, река Воронеж сформировалась в Днепровское время, примерно 250 тыс. лет назад. Во время Днепровского оледенения весь бассейн р. Воронеж был погребен под толщей льда. Ледник, покрывавший Окско-Донскую низменную равнину в четвертичное время, использовал для стока долину Воронежа, по которой беспрепятственно уходили от ледника талые воды. На локальных неотектонических поднятиях (Воронежском и Усманском) древние потоки талых вод откладывали русловой аллювий, представленный песком [31].

В долине р. Воронеж выделяются четыре надпойменные террасы. Первая, высотой до 8 м, развита фрагментарно и имеет незначительную ширину; вторая, с относительными высотами до 25 м, тянется в поперечном профиле до 8 км; третья терраса, высотой до 40 м, также доходит в ширину до 8 км; и, наконец, на водоразделе Воронеж - Байгора фиксируется четвертая терраса с максимальной относительной высотой до 60 м [32]. Самая древняя четвертая надпойменная терраса сформировалась в среднем плейстоцене во время Днепровского оледенения. Третья надпойменная терраса - в период Московского оледенения, вторая - Валдайского. Пойма и уровень первой надпойменной террасы были сформированы в голоцене.

Количество террас рек Усмань и Ивница позволяет предположить, что эти реки образовались приблизительно 100 тыс. лет назад в Московское время. В этот же период стали проявляться все эрозионные процессы, а именно процессы линейной, плоскостной и боковой эрозии.

В Валдайское оледенение на территории заповедника находилась тундростепь с криогенными формами рельефа и холмами, образованными перевиваемым песком. В голоцене окончательно сформировавшийся долинный комплекс начал испытывать воздействие постледниковых процессов. Криогенные процессы сменились эрозионными, значительное воздействие стали оказывать биогенные факторы, активизировались почвообразовательные процессы. В результате воздействия постледниковых процессов ступени надпойменных террас сгладились, в долине образовались слабонаклонные террасированные склоны со слабовыраженными уступами террас.

Гидрология, гидрография и грунтовые воды. Территория Воронежского биосферного государственного заповедника входит в Воронежский гидрологический район Окско-Донской низменной равнины. Он включает в себя бассейн р. Воронеж (нижнее течение), р. Хворостань и Икорца с их притоками. Густота речной сети равна 26 км/кв. км. Реки питаются в основном из недостаточно обильного флювиогляциально-неогенового водоносного горизонта. Меженный сток умеренный [47].

Территория заповедника дренируется реками Усмань и Ивница. Они являются левыми притоками р. Воронеж.

Основными притоками р. Усмань в пределах заповедника являются ручьи Ямный, Девиченка, Змейка, Шеломенский и Ледовский. Небольшие водотоки начинаются, как правило, близ водораздела неглубокими ложбинами, которые соединяясь образуют русло ручья. В средней части ручья русло углубляется до 2-4 м. К устью оно теряется среди широкой заболоченной ложбины с пологими склонами. Сток в ручьях наблюдается в большинстве случаев весной и после обильных дождей летом.

Основными притоками Ивницы являются ручьи Студеновский, Каверенский, Городянка и Чистоозерский. Лишь два ручья - правобережный Студеновский и левобережный Борский выходят за пределы заповедника.

Река Воронеж протекает по западной границе заповедника, а ее левобережная пойма на протяжении 5 км входит в состав его территории. Ее протяженность (от истока Польного Воронежа) - 386 км, площадь водосбора 21 570 кв. км. Десятая часть бассейна покрыта лесом. Среднегодовой сток у г. Воронежа составляет 73 куб. м. / с. С марта по май протекает 75.3%, с июня по ноябрь - 16.2%, с декабря по февраль - 8.5% от годового объема. Зимний режим на р. Воронеж начинается обычно 22 ноября, реже - 30 октября и 16 декабря. В это время на реке появляются забереги. Средняя дата ледостава наступает 17 декабря (самая ранняя 20 ноября, самая поздняя - 4 февраля). Средняя толщина льда достигает 31 см. Общая продолжительность ледовых явлений составляет в среднем 4.5 месяца [47].

Весной, в конце марта река вскрывается. Затопление полыми водами средних уровней поймы р. Воронеж продолжается от 2.5 до 4 недель на верхних уровнях т. е. на прирусловых валах и гривах центральной поймы, продолжительность половодья не превышает 1 - 1.5 недели. Гребни высоких валов еще менее поемны и затопляются только в годы наивысшего подъема полых вод. Низменные местоположения поймы - ложбины, старицы и пространства притеррасной поймы имеют продолжительную послепоемную болотную стадию благодаря застаиванию остаточных вод после общего спада половодья. Эрозионные процессы на водосборе развиты слабо. Этому способствует его большая залесенность и сравнительно малые уклоны поверхности левобережья. Среднегодовая мутность воды р. Воронеж - 74 г/м³., минерализация речной воды весной небольшая - 90-120 мг/л. Высокая минерализация наблюдается в межень. В летне-осенний период она достигает 310-440 мг/л, в зимний 440-530 мг/л. По химическому составу вода реки Воронеж относится к гидрокарбонатно-кальциевому типу (рис. 5).

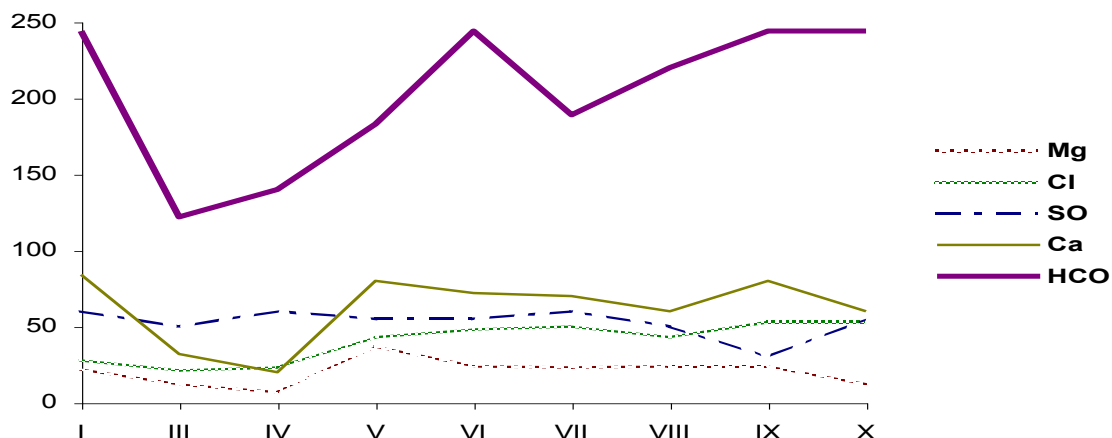


Рис. 5. Химический состав р. Воронеж [87]

Усмань относится к малым рекам. Ее среднемесячные расходы в районе усадьбы Воронежского заповедника составляют 1-3 м³/с [32]. Годовой режим уровней р. Усмань определяется характером питания реки, который обуславливается количеством осадков и их сезонным распределением. Несмотря на то, что максимум осадков выпадает в летний период, они, как правило, существенного влияния на сток не оказывают.

Основное питание (70-75% годового объема стока) река Усмань получает за счет весеннего снеготаяния. Грунтовое питание р. Усмань не превышает 15-20%, а дождевое - не более 3-10 %. В периоды летней и зимней межени река получает питание из комплексного флювиогляциально-неогенового водоносного горизонта, гидравлически связанного с водотоком. Интенсивность поступления подземных вод в русло умеренное. В связи с этим в средний по водности год 75 % объема воды проходит весной (март - май). С июня по ноябрь речной сток составляет 16 %, с декабря по февраль - 9 % от полного годового стока [47].

По химическому составу вода реки Усмань относится к гидрокарбонатно-кальциевому типу (рис. 6).

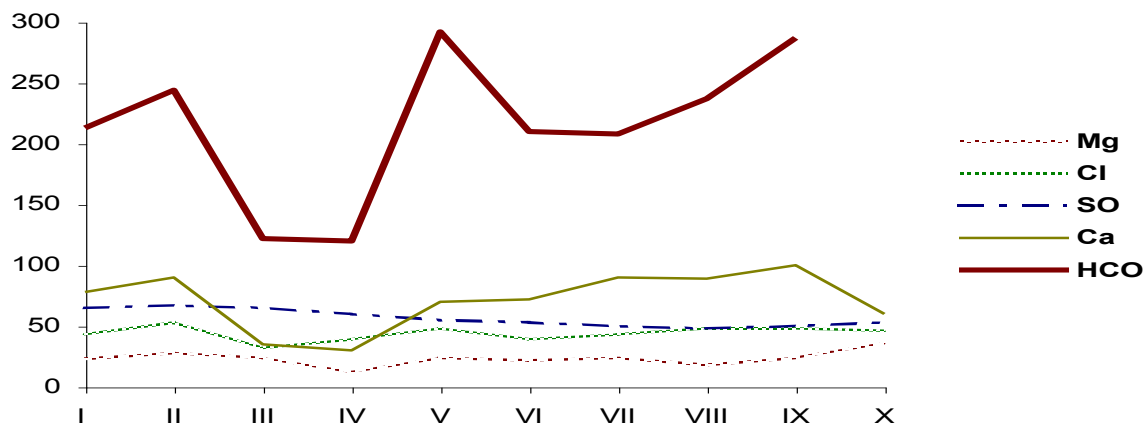


Рис. 6. Химический состав воды р. Усмань [87]

Подъем уровня воды в реке происходит за 5 -10 дней до момента ее вскрытия. Максимальные уровни наблюдаются чаще всего в конце марта или начале апреля (рис. 7).

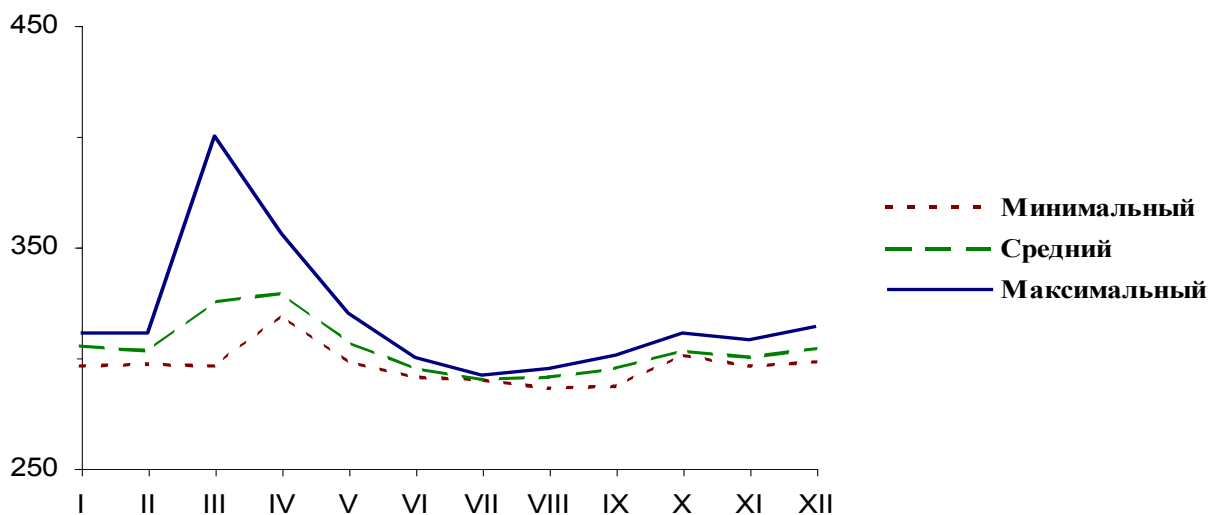


Рис. 7. Колебания уровня воды в р. Усмань [87]

Продолжительность половодья составляет 2 - 3 недели. В периоды летне-осенней и зимней межени водность реки относительно равномерна и повышается лишь во время дождевых паводков. Самые низкие уровни бывают в конце летней межени и реже при ледовых явлениях [47]. Устойчивый ледостав на Усмани наступает в среднем 15 ноября. Процессу замерзания предшествует появление заберегов. Толщина льда к концу ледостава у водомерного поста заповедника в среднем достигает 55 см.

Продолжительность ледостава составляет 143 суток, продолжительность весеннего ледохода - в среднем 2 суток, а ледовых явлений - 153 суток.

Ивница - левый приток р. Воронеж. Ее длина - 25 км, площадь водосбора - 314 кв. км. Впадает она в Воронеж южнее села Ступино. Ивница - малая лесная река. На площади ее водосбора располагается более половины территории Воронежского заповедника. Основное питание она также получает за счет весеннего снеготаяния, а в период межени из комплексного флювиогляциально-неогенового водоносного горизонта. Высоких половодий на Ивнице не бывает.

По химическому составу вода реки Ивница также как и реки Воронеж и Усмань относится к гидрокарбонатно-кальциевому типу.

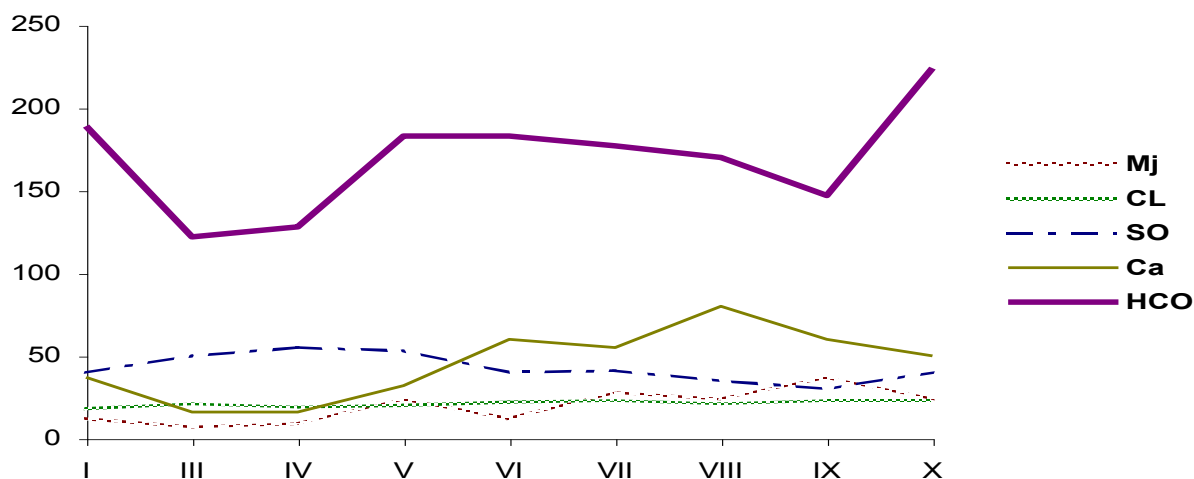


Рис. 8. Химический состав воды р. Ивница [87]

Продолжительность половодья не превышает 1 недели. В летнюю межень в верхнем и среднем течении река практически пересыхает. В зимний период русло реки (за исключением плесовых расширений) не покрывается льдом.

В зависимости от рельефа колеблется глубина залегания грунтовых вод, их участие в процессах почвообразования и формирования растительности.

В режиме грунтовых вод на территории Воронежской области выделяют три фазы: допаводковую (декабрь - февраль), паводковую (март - апрель) и послепаводковую (май - ноябрь). В первую фазу уровень грунтовой воды

сохраняется на той отметке, которой он достиг в период небольшого подъема во второй половине осени. В марте начинается повышение уровней воды на пойме и террасах. В паводковую фазу происходит инфильтрация полых вод в почву до смыкания с грунтовыми водами. В мае - июне грунтовые воды понижаются за счет внутрпочвенного стока и десукции. Эти фазы совпадают с водным режимом рек [4].

Сходство наблюдается не только в режиме, но и в химическом составе грунтовых и речных вод. Резкого изменения их химического состава по сезонам года не отмечается, однако, минерализация грунтовых вод, как и речных вод, увеличивается от паводка к осенне-зимнему периоду.

Растительные условия. По схеме ботанико-географического районирования Воронежской области объекты исследования входят в состав Усманского ботанического района зеленомошных сосновых и осоковых дубовых лесов Боброво-Усманского округа Среднерусской дубово-сосновой провинции [89]. Леса Воронежского биосферного государственного заповедника отнесены к первой группе лесов [71].

Преобладающими в числе древесных пород являются сосняки (35.1%) и дубняки (31.4%). На долю осинников приходится 20.6%, а березняков и ольшаников 6.2% и 5.8% соответственно (рис. 9).

Леса заповедника отличаются большим разнообразием пород и типов лесов. Разнообразие типов лесов способствуют расчлененность рельефа. Довольно четко выявляется зависимость групп типов леса от условий рельефа; так, группа сосновых лесов приурочена, главным образом, к водораздельным пространствам, верхним третям склонов и к пойменным песчаным грядам. На водоразделах характерно включение в сосняки большого количества болот, образующихся в понижениях между буграми и грядами. Эти болота периодически то зарастают древесной растительностью, то покрываются водой, на некоторых из них, встречаются представители северной флоры – клюква и росянка. Группы дубовых лесов занимают выровненные средние части склонов от водораздела к поймам рек. Березовые

леса распределены небольшими участками по понижениям на водоразделе и нижних частях склонов, переходных к поймам. В поймах рек и ручьев растут черноольшанники, местами ветляники и березняки [73].

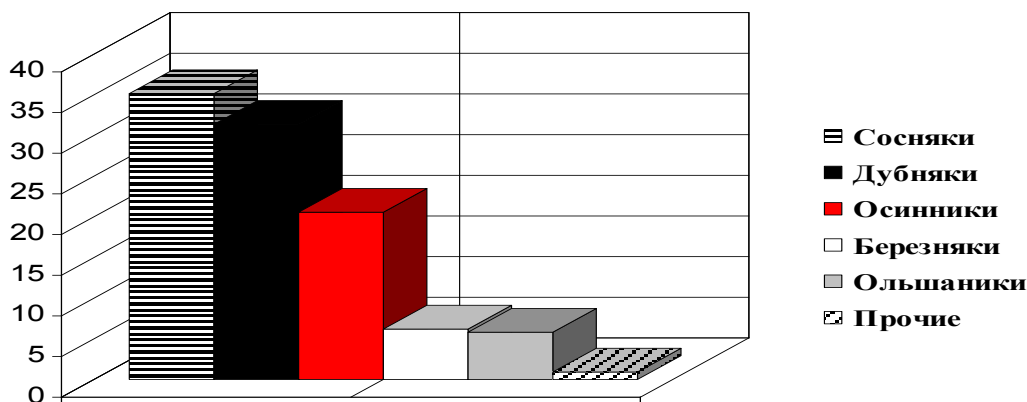


Рис. 9. Площадь, занимаемая древесными породами (% от лесных земель)

Собственно боры сосредоточены в западной части заповедника, где они растут на мощных песчаных древнеаллювиальных наносах. В заповеднике произрастают боры четырех типов – сосняк лишайниковый (сухой бор – А1) и сосняк зеленомошниковый, или травяной (свежий бор А2) и сосняк мшистый (бор влажный – А3) и сосняк долгомошниковый (бор сырой – А4). В котловинах выдувания террас встречается сосняк лишайниковый (бор очень сухой – А0), имеющий искусственное происхождение.

Сухие лишайниковые боры занимают небольшие пространства с крупнобугристым рельефом и глубоким залеганием грунтовых вод. Разреженный древостой образован сосной. В травянистом покрове преобладают растения с сухолюбивым характером: лишайник «олений мох» (*Cladonia*), перистый ковыль (*Stipa Joannis sabulosa Pacz*), типчак (*Festuca sulcata*), осока горная (*Carex Montana L.*), вероника седая (*Veronika incana*) и др.

Свежий бор-зеленомошник занимает невысокие дюнные всхолмления с более близким залеганием грунтовых вод. Для них характерны примесь лиственных пород, слабое развитие подлеска: ракитник русский (*Cytisus*

ruthenicus Fisch), дрок красильный (*Genista tinctoria* L.), бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosa* Scop.). В почвенном покрове основной фон создают зеленые мхи Щребера и дикранум. Состав травяного покрова бедный: грушанка (*Pyrola*), брусника (*Vaccinium vitis-idaea*), герань кровяно – красная (*Geranium Sanguineum* L.), вейник наземный (*Galamagrostis*) и др.

Влажные боры-черничники обладают древостоем высокой продуктивности. В подлеске растут рябина (*Sorbus alnus*), вереск (*Calluna*), можжевельник (*Juniperus*), бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosa*). Для напочвенного покрова характерен низкий кустарничек черники, молиния голубая (*Molinia coerulea*), вейник наземный, орляк и др. [32].

Субори – сосновые леса с присутствием дуба III-IV класса бонитета во втором ярусе или в виде кустарника в подлеске. Наибольшее распространение имеет сосняк травяной с дубом (свежая суборь – В2). Сосняк молиниевый (влажная суборь – В3) занимает плоские, выровненные пониженные участки и западины водоразделов и террас водоразделов. По понижениям, окраинам болот, в притеррасная полосе поймы встречаются сосняк болотно-травяной (сырая суборь – В4).

Судубравы - леса из дуба с примесью мелколиственных пород и отдельными соснам в первом ярусе (хотя часто к судубравам относят исключительно леса из дуба с некоторой примесью сосны), приурочены к периферийной присклоновой не заболоченной части IV надпойменной террасы. В подлеске распространены бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosa* Scop.), боярышник, клен татарский (*Acer tataricum* L.). В травянистом покрове господствует сныть. В восточной части заповедника, на левобережье Усмани, чаще встречаются прослой глины и свежие судубравы переходят местами в дубравы.

Свежие дубравы – сложные леса с дубом и единичными осинами и березами в первом ярусе, липой и кленом остролистным во втором. В подлеске лещина (*Corelus avellana* L.), черемуха (*Padus racemosa* Gilib.), бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosa* Scop.). В напочвенном покрове

преобладает сныть (*Aegopodium podagraria L.*), копытень европейский (*Asarum europaeum L.*), медуница неясная (*Pulmonaria obscura Dum.*).

На участках с более или менее коротким периодом затопления распространены пойменные дубравы с примесью осины и подлеском из крушины ломкой, бересклета, черемухи. В напочвенном покрове преобладает крапива с отдельными экземплярами сныти, чины лесной (*Lathyrus silvester L.*), осоки волосистой (*Carex pilosa Scop.*).

Ольшаники широко распространены в поймах рек и ручьев заповедника. По низким частям пойм рек и притеррасным понижениям растут ольшаник крапивный и ольшаник камышево-тростниковый. По более дренированным местам встречается ветловник ольхово-таволговый, а по несколько более заболоченным – березняк ольхово-крапивный. Ветловник ольхово-таволговый занимает преимущественно прирусловые части пойм.

Животный мир. Животное население северной части Усманского бора весьма разнообразно. Здесь отмечено 57 видов млекопитающих, 194 вида птиц, 8 видов пресмыкающихся, 8 видов земноводных и 39 видов рыб и более 10 000 видов насекомых. В Усманском бору обитают 4 вида копытных: благородный олень, лось, косуля и кабан. Крупные звери оказывают большое влияние на почву. Кабаны сильно взрыхляют и обнажают почву как под пологом леса, так и на открытых пространствах, способствуя потере влаги.

Птицы – самые многочисленные обитатели заповедника; их насчитывается около 200 видов, 15 отрядов и 46 семейств. Из них гнездится 130 видов, в большинстве перелетных.

Из пресмыкающихся в заповеднике обитает ящерицы, веретеница, обыкновенная гадюка, обыкновенный уж, медянка, болотная черепаха. Из земноводных в заповеднике представлены лягушки: остромордая чесночница, зеленая и серая жабы.

Из 39 видов рыб заповедника чаще всего встречаются плотва, язь, красноперка, линь, уклейка, густера, лещ, карась, сазан, вьюн, шиповка, сом, щука, окунь. В заповеднике обитает не менее 10 тысяч видов насекомых.

2.2 Природные условия Окского государственного природного биосферного заповедника

Окский заповедник расположен в центре Европейской части России на пересечении координат $54^{\circ}43'$ с.ш. и $40^{\circ}50'$ в.д, и занимает южную часть обширной Мещерской низменности (рис. 10).

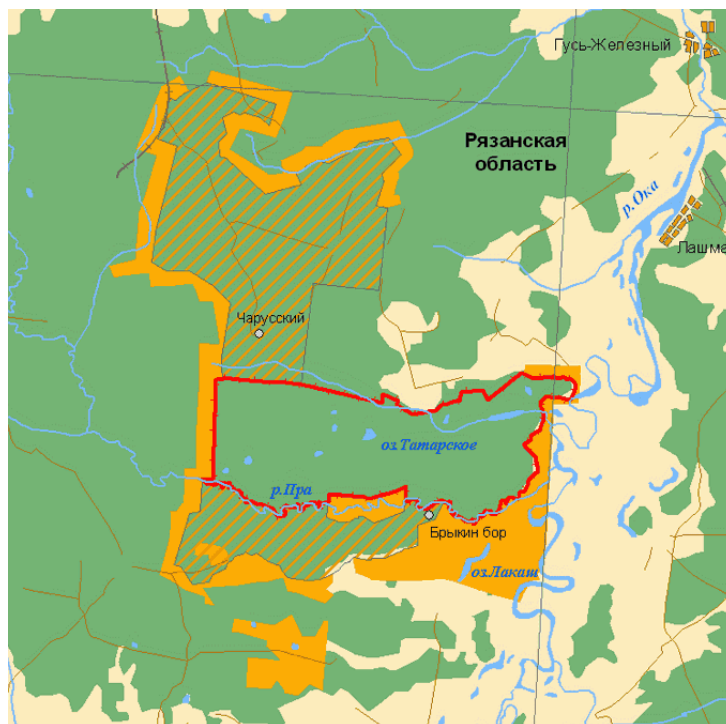


Рис. 10. Географическое положение Окского заповедника.

Климат типичен для средней полосы Европейской части РФ. Удаленность морей обуславливает его континентальность, с относительно холодной зимой и умеренно теплым, в отдельные годы жарким, летом. Сезонность выражена весьма отчетливо. По данным многолетних наблюдений продолжительность весны в среднем 76 дней, лета – 94 дня, осени 98 дней, и зимы – 99 дней. Среднегодовая температура воздуха 4.7°C , при абсолютном максимуме 40.0°C и минимуме -39.1°C . Годовое количество осадков – 688 мм, глубина снежного покрова – 66 см, глубина промерзания почвы – 55 см. Направление преобладающих ветров с юга на юго-запад, их скорость от 3.2 до 4.4 м/с в среднем по отдельным сезонам. Относительная влажность воздуха 76%.

Рельеф равнинный с относительными высотами от 70-80 м на юго-востоке и до 140-160 м в северо-западной части. Для заповедника

характерны невысокие всхолмления – гривы, разбросанные по пойменным угодьям. Между ними расположены заболоченные понижения и водоемы. Гривы в окской пойме заняты дубравами, в отдалении, от речного русла преимущественно хвойными лесами.

Вдоль восточной границы заповедника протекает река Ока. Ширина речной долины, затапливаемой полыми водами, достигает 15 – 20 км. На территории охранной зоны по правобережью Оки находится около 100 водоемов. Все они располагаются в понижениях рельефа. Наиболее крупными из них являются старицы Оки разного возраста. Территория заповедника включает устьевой участок длиной в 56 км крупного левобережного притока Оки – р. Пра. Ее прибрежная зона покрыта сетью стариц. С запада на восток заповедник пересекает р. Черная.

Из материалов лесоустройства 1992-993 гг. следует, что 49.5 тыс. га заповедника (88.7%) заняты лесом. Преобладают сложные формации смешанных лесов, включающие сосну, березу, осину и ель – 16.2 тыс. га (32.9%). На втором месте находятся черноольшаники – 8.5 тыс. га (17.2%), далее идут сосняки-брусничники – 7.1 тыс. га (14.4%) и черничники – 4.3 тыс. га (8.6%). Довольно существенное место занимают пойменные лесные ассоциации, в древостое которых преобладает дуб – 3.1 тыс. га (6.3%). Весьма обычны закустаренные насаждения и сосняки-долгомошники, в которых главенствующая роль принадлежит березе. Они составляют соответственно 2.9 и 2.6 тыс. га (5.9 и 5.3%)

Преобладающей древесной породой является сосна (43% насаждений), за ней идут береза (37%), ольха (7.5%) и дуб (4.7%). Ель сосредоточенная на северных территориях занимает всего 922 га (1.9%).

Состав животного населения характерен для средней полосы европейской части России, и в этом отношении, заповедник представляет собой типичный участок таковой. Относительное обилие «краснокнижных» видов животных по сравнению с сопредельными

территориями объясняется наличием в заповеднике типичных для них местообитаний и ничтожным антропогенным воздействием.

2.3. Методы исследований

В качестве объектов исследования накопления и распределения ртути в почвенном покрове послужили почвы, сформировавшиеся на территории заповедников в различных биоценозах расположенных на элементах мезорельефа. Выбор биоценозов обусловлен наиболее широкой распространенностью их на территории заповедников и формированием в каждом специфических типов почв. Следует отметить, что в мы исходили из понимания биоценоза (англ. community), как совокупности животных, растений, грибов и микроорганизмов, совместно населяющих участок суши или водоема [9].

В Воронежском заповеднике важным критерием при выборе мест отбора образцов являлось наличие каждого из биоценозов на всех надпойменных террасах р. Воронеж, а так же на характерных для террас элементах рельефа, что позволяет рассматривать почвы как катену из сопряженных геохимических ландшафтов. С целью систематизации данных использовалась классификация элементарных ландшафтов по типам миграции химических элементов предложенной Глазовской [23]. Все обследованные биоценозы были разделены на три группы:

1. Сосняки, дубравы и осинники, занимающие выровненные участки террас с песчаными и супесчаными почвами, со сквозным или слабым поверхностным стоком, являющиеся элювиальными геохимическим ландшафтами.

2. Внепойменные замкнутые понижения со слабым или отсутствующим внутрипочвенным стоком, являющиеся трансэлювиально-аккумулятивными ландшафтами

3. Черноольшаники в поймах рек дренирующих заповедник, являющиеся супераквальными ландшафтами.

В каждом из этих биоценозах закладывался почвенный разрез, проводилось морфологическое описание почвенного профиля, отбирались почвенные образцы по генетическим горизонтам [33]. Определение относительных высот и положение в рельефе определялось с помощью гипсометрической и ландшафтной карт [40]

В результате выбранные точки отбора позволили объединить обследованные биоценозы в пять, приуроченных к террасам р. Воронеж геохимических катен, с участками отличающихся по транспорту и аккумуляции веществ (рис. 11). Катены были названы по ближайшему к ним населенному пункту:

1. Краснолесненская. Расположена в юго-восточной части заповедника. Занимает IV террасу р. Воронеж, II террасу и правый берег поймы р. Усмань, с относительными высотами 130 – 150 м. В наиболее высоком участке на бугристо западном плакоре закладывались разрезы в сосняке, дубраве и осиннике (кв. 373, 374, 396). На компактном дюнно-западном комплексе II террасы р. Усмань разрез на низинном болоте (кв. 397). На заболоченной плоской поверхности поймы, был заложен разрез в ольшанике (кв. 376), являющимся самым низким в рельефном плане биоценозе этой группы.

2. Большеприваловская. Расположена так же в юго-восточной части заповедника на IV террасе р. Воронеж и в пойме левого берега р. Усмань, с относительными высотами 130 – 160 м. В самом высоком участке на бугристо западном водосборном плакоре заложены разрезы в сосняке, дубняке, осиннике и болоте (кв. 401, 444, 443, 423). Разрез в ольшанике был заложен в низком участке группы на плоской поверхности поймы р. Воронеж (кв. 420).

3. Усманская. Полностью расположена на самом высоком участке IV террасы р. Воронеж, в северной части заповедника. Самая высокая в рельефном плане группа с относительными высотами 150 – 160 м. Разрезы в сосняке, дубраве, осиннике и болоте закладывались в пределах волнисто-

западного массива высокого водосборного плакора (кв. 43, 30, 4, 26). Разрез в ольшанике в данной группе не рассматривался, так как этот биоценоз не представлен в этой части заповедника.

4. Борская. Расположена в центральной части заповедника занимая III террасу р. Воронеж и пойму р. Ивница. Относительная высота колеблется в пределах 130 – 110 м. На ровной поверхности III террасы р. Воронеж заложены разрезы в дубраве, осиннике, сосняке, болото (кв. 433, 369, 367, 384). На выровненной поверхности поймы р. Ивница был заложён разрез в ольшанике (кв. 365).

5. Рамонская. Расположена в западной части заповедника и занимает II террасу и примыкающие к пойме р. Воронеж эрозионные участки. Является самой низкой в рельефном плане группой с относительными высотами 100 – 110 м. На пологоволнистой поверхности II террасы заложены разрезы в сосняке, низинном болоте, дубняке, осиннике (кв. 450, 515, 530, 529), в ольшанике – эрозионном участке, примыкающем к пойме (кв. 513).

В Окском заповеднике была рассмотрена одна геохимическая catena занимающая пойму и коренной берег р. Пра в непосредственной близости от поселка Брыкин Бор. Почвы изучались под теми же биоценозами, что и Воронежском. Исключение составляет отсутствием разреза в сосняке и приуроченность биоценозов к другим типам геохимического ландшафта по отношению к Воронежскому заповеднику: элювиальные ландшафты здесь занимают осинники, трансэлювиально-аккумулятивные низинное болото, а дубрава и ольшаник занимают супераккумулятивные ландшафты.

В результате в Воронежском заповеднике было заложено 24 разреза, а в Окском – 4.

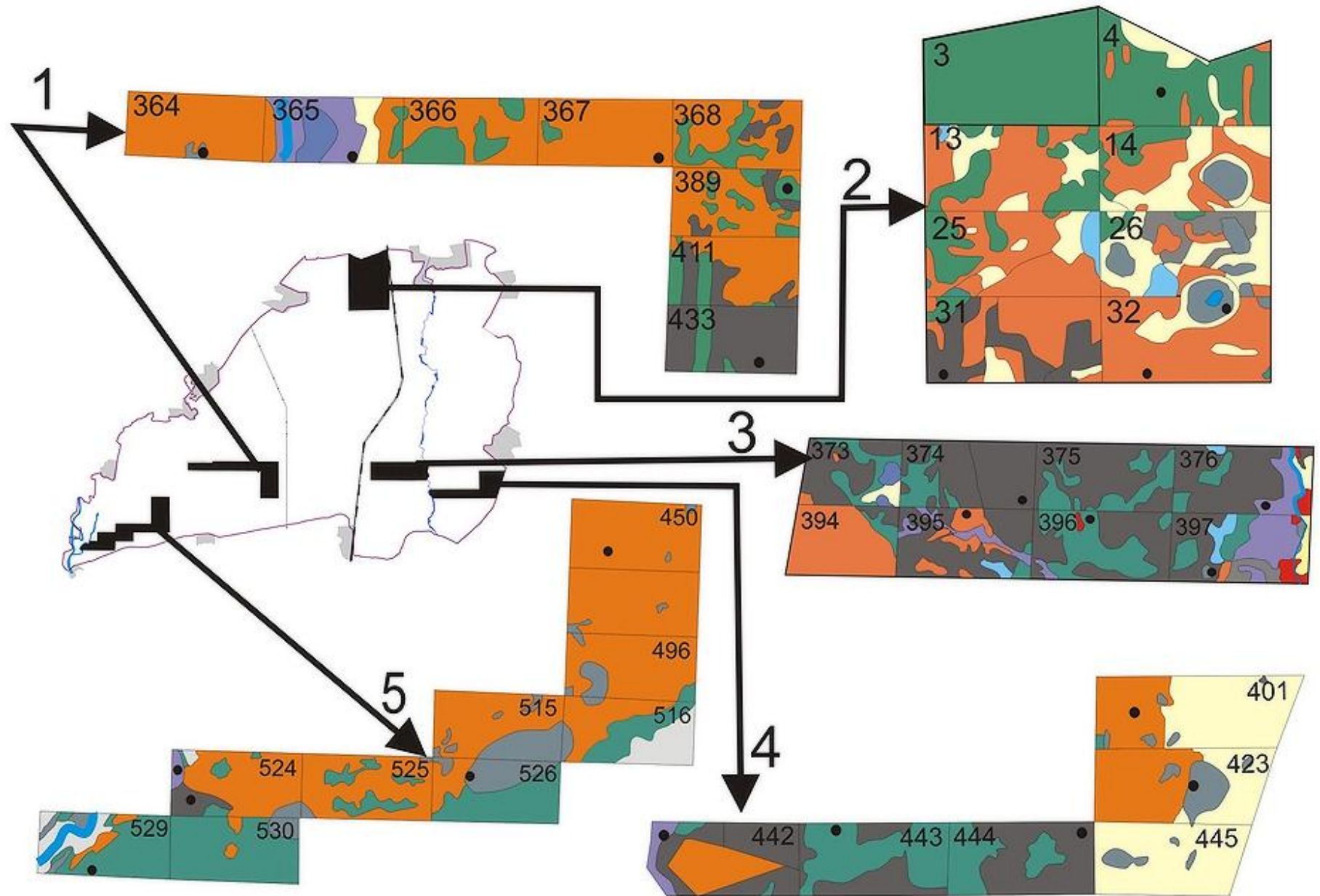



Рисунок 11. Схема отбора образцов в Воронежском заповеднике

Пояснения к рис. 11

1. Борская катена;
2. Усманская катена;
3. Краснолесненская катена;
4. Большеприваловская катена;
5. Рамонская катена;



 - Места отбора образцов

Подготовка почвы к анализу осуществлялась по общепринятым методам [83]. Почвенные образцы были проанализированы в 2-х повторях по следующим показателям (табл. 7):

1. Содержание органического вещества методом Тюринга, без пересчета коэффициента на гумус;
2. Потери при прокаливании в торфяных горизонтах болотных и пойменных лесных почв;
3. Актуальная кислотность, потенциометрическим методом;
4. Обменные кальций и магний, комплексонометрическим методом;
5. Щелочногидролизующий азот, по Корнфилду.

Определение содержания ртути проводилось атомно-абсорбционным методом на спектрометре с зеемановской коррекцией для определения ртути в различных средах «РА-915+» с пиролитической приставкой

«ПИРО-915+» [15]. Точность аналитических методов измерения контролировали с использованием сертифицированных образцов почв СДПС ГСО 2498-83 - 2500-83 (НПО «Тайфун», г. Обнинск, Россия). Анализы сделаны в трехкратной повторности.

Таблица 7

Объем выполненных работ по теме диссертации.

Объект	Вид анализа	Кол-во образцов	Кол-во измерений
Почва	С (по Тюрину и прокаливанию)	125	250
	N (по Корнфилду)	123	246
	pH (потенциметрическим методом)	126	252
	Ca ²⁺ (комплексометрическим методом)	120	240
	Mg ²⁺ (комплексометрическим методом)	120	240
	Hg (атомно-адсорбционным методом)	128	384
Итого		614	1228
Животные	Дождевые черви	60	168
	Малая бурозубка	26	73
	Обыкновенная бурозубка	31	92
	Рыжая полевка	160	477
	Итого	405	1194

Для установления содержания ртути в тканях педобионтов и ее миграции по пищевым цепям были выбраны следующие почвообитающие организмы:

1. Дождевые черви (*Oligochaeta, Lumbricidae*);
2. Млекопитающие отрядов насекомоядные: обыкновенная (*Sorex araneus*) и малая бурозубки (*Sorex minutus*); грызуны: рыжая полевка (*Clethrionomys glareolus*).

Черви отбирались во всех катенах, но не в каждом из биоценозов. В Краснолесенской катене черви были отобраны в сосняке, дубраве,

осиннике и ольшанике. В Большеприваловской и Усманской – в осиннике и дубраве. В Рамонской - в ольшанике и осиннике. В Борской – в ольшанике, осиннике и дубраве. Ни на одной из катен не были отобраны черви в почвах болот.

Сбор червей проводился из верхних 20 см почвенного профиля в радиусе 10 метров около разреза [56]. Отбирались только половозрелые особи с хорошо выраженным пояском. Определение видов дождевых червей нами не проводилось, так как мы исходили из предположения, что ярко-выраженного преобладания какого-либо из видов дождевых червей в кормой базе насекомоядных млекопитающих не существует. Черви на сутки помещались в емкости с влажной фильтровальной бумагой, для очищения кишечника от содержащейся в нем почвы. Далее они высушивались на воздухе при комнатной температуре. Анализ концентрации ртути проводился на ртутном анализаторе РА-915+ с использованием пиролитической приставки ПИРО-915+. В связи с тем, что пищеварительная система дождевых червей дифференцирована по отделам, то особи крупнее 5 см анализировались по трем частям – передний участок тела (глотка, пищевод, зоб, желудок), средние сегменты тела (средняя кишка), задний участок тела (задняя кишка) [93]. Точность аналитических методов контролировали с использованием сертифицированного биологического материала DROM-2 и DOLT-2 (Институт химии окружающей среды, Оттава, Канада).

Отлов мелких млекопитающих проводился на многолетней линии учета представляющей собой отдельную геохимическую катену, занимающую IV террасу р. Воронеж, уступ к пойме и саму пойму р. Усмань. Для сбора материала были выбраны 5 биоценозов (суборь, осинник, дубрава, ольшаник, луг).

Мелкие млекопитающие отлавливались с помощью давилок Геро на стандартную приманку - хлеб, обжаренный в подсолнечном масле [60]. В каждом биоценозе на стационарных пронумерованных линиях выставляли

по 50 давилок на 10 дней, на расстоянии 5 м друг от друга (всего отработано по 500 ловушко-суток). Зверьков взвешивали, содержание ртути определялось в мышцах, почках и печени млекопитающих на ртутном анализаторе РА-915+ с использованием пиролитической приставки ПИРО-915+. Точность аналитических методов контролировали с использованием сертифицированного биологического материала DR0M-2 и DOLT-2 (Институт химии окружающей среды, Оттава, Канада).

Статистический анализ данных проводили с помощью программы STATGRAPHICS Centurion XVI.I. Достоверность различий оценивали, используя метод дисперсионного анализа (ANOVA, LSD-тест) при уровне значимости $p \leq 0,05$ [163].

2.3. Характеристика биологических объектов исследования

Дождевые черви. Под названием «дождевые черви» объединены семейства крупных почвенных олигохет (Oligochaeta). Дождевые черви составляют основную долю почвенной зоомассы на гектар лесных почв [1]. В Российской Федерации представлены преимущественно семейством Lumbricidae [17]. Черви оказывают значительное влияние на процессы превращения органического вещества почвы и разложения органических остатков. Они осуществляют механическую деструкцию опада. Формируют агрегатную структуру почвы, в том числе макро- и микроагрегаты. Оказывают влияние на физические свойства почва – улучшение аэрации и водопроницаемости. Переносят в нижние горизонты гумусированный материал, что определяет общую мощность гумусового профиля [8]. В Воронежском заповеднике зарегистрировано 6 видов дождевых червей [58]:

1) *Dendrobaena octaedra* – космополит. Населяет лесную подстилку. На Русской равнине встречается повсеместно.

2) *Dendrodrilus rubidus tenuis* – широко распространенный, космополитный вид. Населяет гниющую древесину и лесную подстилку.

3) *Lumbricus rubellus* – один из наиболее распространенных в смешанных и широколиственных лесах видов дождевых червей. Населяет пойменные луга, реже – вырубки, и производные лиственные леса. Встречается в поймах рек и лесных оврагах.

4) *Eisenia fetida* – Космополит. В лесах населяет гниющую древесину, встречается также в скоплениях растительных остатков по дну оврагов и берегам ручьев и рек.

5) *Eisenia nordenskioldi* – обитает в почвах под лесной и лугово-степной растительностью. Обычен по байракам и поймам рек.

6) *Lumbricus terrestris* – космополит. Встречается в широколиственных и смешанных лесах.

В ольшанике зарегистрировано 5 видов дождевых червей: *D. octaedra*, *D. rubidus tenuis*, *L. rubellus*, *E. fetida*, *E. nordenskioldi*, *L. terrestris*. Доминантом по численности является *L. terrestris*. Как субдоминантов можно выделить *E. fetida* и *D. octaedra*. В осиннике отмечено 3 вида дождевых червей: *D. octaedra*, *L. rubellus*, *L. terrestris*. Как доминанта можно выделить *D. Octaedra*. В дубравах обнаружено 4 вида дождевых червей: *D. octaedra*, *L. rubellus*, *E. fetida*, *L. terrestris*. Явным доминантом является *E. fetida*. Как субдоминанта можно выделить *L. terrestris*. В борах было зарегистрировано 2 вида дождевых червей: *L. rubellus* и *L. terrestris*. В данном биоценозе явных доминантов по количеству выявлено не было.

Млекопитающие. Отряд Насекомоядные:

Обыкновенная бурозубка (*Sorex araneus*). Длина тела 60-80 мм, длина хвоста 31-50 мм, вес взрослых особей 8.9-14.7 г [29]. Основные виды кормов: насекомые (чаще жуки) – 80%, дождевые черви – 58%, пауки – 4-5%, многоножки – 3%, моллюски – 3%, семена – 16%, зимой ест много падали – 40-60% [91]. Легко и часто переходит с одного корма на другой, добывая его собирательством. Суточный рацион равен 140-200% от массы тела [88]. Для Воронежского заповедника обычный вид [70]. Численность в отдельные годы подвержена колебаниям, со значительными подъемами и спадами.

Встречается повсеместно, но чаще в ольховых поймах, на лугах и в сложных субориях

Малая бурозубка (*Sorex minutus*). Длина тела 40-64 мм, хвоста 31-42 мм, масса тела 2.5 – 7.5 г [29]. Кормовой рацион малой бурозубки состоит из мелких жесткокрылых (около 70%), гусениц бабочек (8-10%), личинок двукрылых и перепончатокрылых (8-16%), дождевых червей (5%), семян (6-8%) [91]. Его сравнительной особенностью является явное преобладание личинок насекомых и значительно меньшая доля поедаемых дождевых червей. Свой корм малая бурозубка преимущественно собирает на поверхности почвы и с травянистой растительности. Обычный для Воронежского заповедника вид [70]. Чаще встречается в поймах рек, на лугах и в субориях, значительно реже в дубравах.

Отряд Грызуны:

Рыжая полевка (*Clethrionomys glareolus*). Длина тела 80-120 мм, длина хвоста 40-50 см, вес 20-35 г [27]. Рыжая полевка больше, чем другие растительноядные эврифаги, проявляет тенденцию к всеядности [91]. В ее пищевом рационе массово представлены семена лесных растений, затем идут их листья, почки, молодые побеги, кора, подземные части. При случае в пищу употребляются личинки насекомых, дождевые черви, моллюски, яйца в кладках мелких воробьиных птиц. Обычный вид в Воронежском заповеднике [70]. В лесных станциях обитает повсеместно. Преобладает в уловах при учетах мелких млекопитающих.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Характеристика почвенного покрова исследуемых территорий

На каждой из исследованных территорий под различной растительностью и на различных элементах рельефа сформировались свои специфические почвы, отличающиеся друг от друга по морфологическим, физико-химическим и химическим свойствам. Причем, различия наблюдаются как между заповедниками, так и внутри каждого из них. Ниже приводятся свойства всех рассмотренных почв.

3.1.1 Почвы Воронежского заповедника

Почвенный покров территории заповедника довольно разнообразен и не обладает зональными чертами типичной лесостепи, в пределах которой находится. Типы и виды почв варьируют в соответствии с типами леса – от богатых элементами питания темно-серых и серых лесных под дубравами до бедных, маломощных дерново-лесных элювиально-глеевых почв, развитых под сосняками лишайниковыми. Ниже приводится характеристика всех изученных почв. В связи с азональностью почвенного покрова, во многих случаях возникали сложности с точной диагностикой и определением обследованных почв. Поэтому, при названии некоторых почв использовалась классификация разработанная сотрудниками заповедника [72, 85, 86]. Необходимо отметить, что в настоящем исследовании рассматривался только почвенный покров на наиболее типичных участках различных элементов рельефа Воронежского заповедника, и поэтому приведенное ниже описание почвенного покрова не отражает всего его разнообразия на исследуемой территории.

3.1.1.1 Морфологические свойства почв

Рамонская катена. Расположена в западной части заповедника и занимает пойму и II надпойменную террасу р. Воронеж. Самая низкая в рельефном плане катена. Относительная высота изменяется в пределах от 100 м в пойме р. Воронеж, до 120 на II террасе.

Сосняк в кв. 450. Наиболее удаленный от поймы р. Воронеж биоценоз. Расположен на слабоволнистой сухой поверхности II террасы р. Воронеж. Доминирующая порода сосна. Подрост представлен рябиной. Напочвенный покров редкий, сформирован преимущественно чистотелом. Здесь сформировались дерново-лесные маломощные слабоподзолистые песчаные псевдофибровые почвы. Общая мощность разреза 87 см.

Ад 0-7 см. Сухая дернина бурого цвета, сложена мхом, отмершими частями хвойных растений. Переход резкий

А 7-17 см. Светло серый неясная мелко-комковатая структура. Многочисленные корни растений, рыхлый. Сухой. Переход резкий по цвету

АЕ 17-39 см. Палево-серой окраски светлее предыдущего. Редкие корни растений. Сухой. Непрочная ореховато-комковатая структура. Переход постепенный заметен по цвету и плотности

В₁ 39-57 см. Палево-желтый темнее предыдущего с многочисленными слабовыраженными светлыми и темными пятнами. Непрочная ореховато-комковатая структура. Менее плотный. Переход постепенный по цвету и плотности.

В₂ 57 и глубже см. Сильно осветленный мелкопесчаный горизонт. Многочисленные ржавого цвета псевдофибры мощностью 3-7 мм.

Болотный комплекс под осоково-тростниковым березовым редколесьем в кв. 515. Занимает II террасу р. Воронеж в 2 км западнее сосняка. Преобладающими древесными породами здесь служат береза обыкновенная и дуб черешчатый. Травянистый покров мозаичный и представлен камышом обыкновенным и молинией. На поверхности почвы развит мощный покров из сфагнома и плаунов. В этих условиях формируются болотные низинные торфянисто-глеевые почвы, со следующими диагностическими признаками:

Т₁ 0-4 см. Бурый, слаборазложившийся торф. Встречается большое количество слаборазложившихся частей растений в основном мхов. Рыхлый, влажный, переход заметный.

T₂ 4-9 см. Темно-бурый, слаборазложившийся торф, состоит из отмерших мхов. Рыхлый, связный, влажный, переход заметный.

T₃ 9-18 см. Темно-серый почти черный, среднеразложившийся опесчаненный торф. Отмечены светло-серые языки песка из нижележащих горизонтов. Присутствуют корни древесных растений, сырой, переход ясный.

G₁ 18-29 см. Светло-серый мелкозернистый песок. Многочисленные сизые прослойки и пятна мощностью от 3 до 0,3 см. Наблюдаются редкие включения корней, бурые пятна по ходам корней диаметром 0,2 – 0,5 см. Рыхлый, сырой, переход постепенный.

G₂ 29 и глубже см. Светлее предыдущего мелкозернистый песок светло-серого цвета с белесоватым оттенком. Редкие сизые и бурые пятна диаметром 1 – 2 см. Рыхлый, мокрый. При разламывании песчаной массы обнаружен густой грибной мицелий. Уровень грунтовых вод с глубины 45 см.

Дубняк в кв. 530. Занимает слабоволнистую поверхность II террасы р. Воронеж в 1 км западнее болота. Доминирующая порода дуб. Встречаются единичные деревья осины, березы. Напочвенный покров представлен чистотелом, купеной, ландышем, земляникой. Здесь сформировались светло-серые лесные маломощные малогумусные супесчаные псевдофибровые почвы. Общая мощность разреза 150 см.

A_д 0-3 см. Свежий, листья дуба, веточки, кора, переход заметный по цвету.

A 3-15 см. Свежий, серый с белесоватым оттенком от кремнеземистой присыпки, супесчаный, бесструктурный, рыхлый, с обилием корней древесной и травянистой растительности. Переход заметный по цвету.

B₁ 15-60 см. Влажный, палево-желтый, песчаный, бесструктурный, рыхлый, с редкими белесыми и серыми пятнами, единичными корнями. Переход постепенный.

В₂ 60-75 см. Свежий, палевый, светлее предыдущего, песчаный, бесструктурный, рыхлый, с редкими бурыми и белесыми пятнами. Переход постепенный.

В_г 75 и глубже. Свежий, светлее предыдущего, буровато-палевый, песчаный, бесструктурный, рыхлый, с псевдофибровыми горизонтальными прослойками, пятнами ржаво-бурого цвета, затеками и пятнами осветления.

Осинник в кв. 529. Занимает выровненную поверхность II террасы р. Воронеж в 2 км юго-западнее дубравы. Доминирующая древесная порода осина. Напочвенный покров плотный, представлен преимущественно снытью. В этих условиях формируются светло-серые лесные маломощные малогумусные супесчаные почвы

О 0-5 см. Светло-серый, сухой, многочисленные корни растений, отмершие части растений

А 5-17 см. Светло-серый с палевым оттенком, свежий, комковато-ореховатая непрочная структура, многочисленные корни растений, переход к нижележащему горизонту постепенный

В 17-58 см. Палево-желтый с многочисленными светлыми ржавыми пятнами, непрочная призматическая структура, большое количество пылеватого материала, единичные корни растений, рыхлый но плотнее предыдущего. Присутствуют непрочные и не ярко выраженные псевдофибровые прослойки. Переход постепенный. Заметен по цвету и плотности.

ВС₁ 58-90 см. Палево-желтый но заметно светлее предыдущего. Многочисленные светлые пятна. Мелко-призматическая не прочная структура. Корней растений нету. Наблюдаются слабовыраженные не прочные прерывистые псевдофибры. Более плотный.

ВС₂ 90 и глубже см. Светлее предыдущего с многочисленными как светлыми так и темными пятнами. Мраморовидный. Бесструктурный. Свежий.

Ольшаник кв. 513. Занимает выровненный мокрый участок поймы р. Воронеж в 1,5 км севернее осинника. Доминирующая древесная порода ольха черная. Напочвенный покров представлен крапивой, тростником и осоками. На этом участке сформировались пойменные лесные иловато-торфяно-глеевые маломощные почвы. Общая мощность разреза 65 см.

T₁ 0-10 см. Среднеразложившийся торф черного цвета. Хорошо режется на отдельные куски. По краям среза формируются немногочисленные агрегаты ореховато-комковатой структуры. Липкий, достаточно пластичный. Плотный. Горизонт обильно пронизан корнями растений. Многочисленные включения из кусочков древесины, отмерших стеблей и листьев травянистой растительности. Переход к нижележащему горизонту резкий по плотности.

T₂ 10-20 см. Сильно разложившийся торф черного цвета. Мокрый. По морфологическим свойствам практически не отличается от вышележащего горизонта. Однако, количество корней растительности и включений растительного происхождения меньше. По ходам корней отмечаются ржавые затеки. Более плотный, чем вышележащий горизонт. Переход к нижележащему горизонту постепенный по цвету и плотности.

TG 20-36 см. Сырой. Основной фон темно-бурого цвета, с многочисленными ржаво-коричневыми, бурыми и палевыми пятнами. Среднесуглинистый, комковато-ореховатой структуры. По краям структурных отдельностей блестящие пленки полупрозрачных оксидов. Плотнее предыдущего, липкий, вязкий. Редкие корни растений, по ходам корней затеки ржавого цвета. Переход к нижележащему горизонту постепенный по цвету.

G₁ 36-60 см. Сырой. Ржаво-коричневого цвета с многочисленными сизыми пятнами. Среднесуглинистый. Плотнее предыдущего. Темные пятна по ходам корней. Переход к нижележащему горизонту постепенный по цвету и плотности.

G₂ 60 и глубже см. Сырой. Сизого цвета с многочисленными ржавыми затеками и пятнами. Плотнее предыдущего. Включений нет. С глубины 65 см появляется вода.

Борская катена. Расположена в центральной части заповедника и занимает III и частично II террасы р. Воронеж пойму р. Ивница. Относительные высоты варьируют в диапазоне от 120 м в пойме реки до 140 м в самой высокой части террасы.

Дубрава, кв. 433. Занимает слабоволнистую поверхность III террасы р. Воронеж. Наиболее удаленный от поймы р. Ивница биоценоз. Доминирующая порода дуб. Отмечаются отдельные деревья осины и клена остролистного. Напочвенный покров представлен преимущественно снытью. Встречается купена, осока, звездчатка. Присутствуют обширные участки с нарушенным покровом в результате деятельности кабанов. Здесь сформировались серые лесостепные мощные супесчаные почвы. Общая мощность разреза 108 см.

A₁ 0-17 см. Темно-серого цвета, увлажнен, рыхлый, перерыв копытными, обильная кремнеземистая присыпка, корни травянистой растительности, полуразложившиеся листья, веточки, бесструктурный, супесчаный. Переход заметный по цвету.

A₂ 17-36 см. Темно-серый со слабым буроватым оттенком, свежий, плотнее предыдущего, кремнеземистая присыпка, корни травянистой и древесной растительности, легкий суглинок, линзочки песка, бесструктурный. Переход заметный по цвету.

AB 36-80 см. Темно-серого цвета, влажный, рыхлый, линзочки песка, кремнеземистая присыпка, супесчаный, бесструктурный. Переход заметный по псевдофибровым прослойкам.

B 80-98 см. Темно-серого цвета, влажный, плотнее предыдущего, с 80см псевдофибры темно-серого, почти черного цвета, горизонтально расположены, ширина 0.5 см и увеличивается с глубиной, супесчаный, бесструктурный. Переход заметный по цвету.

ВС 98 и глубже. Свежий, неравномерно окрашен, на светло-сером фоне темные пятна, горизонтальные темные прослойки псевдофибры, темные затеки, горизонт к низу светлеет, песчаный, бесструктурный, уплотнен, белесые пятна, Переход заметный по цвету.

Осинник кв. 369. Расположен на слабоволнистой поверхности III террасы р. Воронеж в 1 км севернее дубняка. Доминирующая древесная порода осина, напочвенный покров редкий, представлен снытью. Обильные порои кабанов. Здесь сформировались светло-серые лесные маломощные супесчаные почвы. Общая мощность разреза 72 см.

A₁ 0-12 см. Темно-серый, почти черный горизонт, со слабо выраженными темно-бурыми пятнами. Супесчаный, крупно-комковатой структуры. Увлажнен. Обильно покрыт кремнеземистой присыпкой. При подсыхании слегка светлеет. Слабоуплотнен Многочисленные корни растений. Переход к нижележащему горизонту постепенный по плотности.

A₂ 12-22 см. По морфологическим признакам, практически не отличается от вышележащего горизонта. Незначительные различия можно выделить в большем преобладании на общем темно-сером фоне слабо выраженных бурых пятен и более высокой плотности. Переход постепенный по цвету.

B₁ 22-48 см. Супесчаный горизонт темно-бурого цвета. Неясно комковатая структура. Наблюдается слабая кремнеземистая присыпка. Увлажнен. Уплотнен. Редкие корни древесной растительности. По ходам корней более темные, чем основной цветовой тон горизонта, пятна и примазки. Переход к нижележащему горизонту постепенный по цвету и плотности.

B₂ 48-62 см. Более светлый и более плотный чем вышележащий горизонт. В остальном по морфологическим признакам слабо отличается от горизонта B₁. Переход к нижележащему горизонту резкий по цвету и плотности.

BC 62 и глубже см. Влажный. Значительно светлее предыдущего. Супесчаного гранулометрического состава. Комковатая структура. Единичные корни растений, по ходам которых наблюдаются темные пятна и затеки. Присутствуют слабо выраженные очень тонкие разорванные псевдофибровые прослойки темного цвета. Менее плотный по отношению к предыдущему горизонту.

Сосняк в кв. 367. Занимает пологоволнистую поверхность III террасы р. Воронеж в 1 км западнее от осинника. Доминирующая древесная порода сосна. В подросте отмечаются единичные деревья липы. В таких условиях сформировались дерново-лесные слабодерновые песчаные почвы. Общая мощность разреза 80 см.

А_д 0-6 см. Сухая дернина темно-бурого цвета. Сложена, как живыми, так и отмершими растительными остатками. Хорошо отделяется от нижележащего горизонта.

А 6-14 см. Сухой. Светло-серого цвета супесчаный гумусово-аккумулятивный горизонт. Обильная кремнеземистая присыпка. Наблюдаются многочисленные корни травянистых и древесных растений. Граница перехода к нижележащему горизонту языковатая. Переход постепенный, заметен по цвету

В₁ 14-25 см. Палево-бурового цвета, с редкими светло-ржавыми и белесыми пятнами. Песчаный. Присутствуют редкие корни растений. По ходам корней отмечаются более темные, чем основной тон горизонта, гумусовые затеки. Плотнее предыдущего. Переход постепенный по плотности и цвету.

В₂ 25-60 см. Влажный палево-бурый горизонт слегка светлее предыдущего песчаный горизонт. Ржавые пятна наблюдаемые в вышележащем горизонте практически исчезают, однако наблюдаются обильные осветленные пятна, количество которых заметно выше чем в горизонте В₁. В нижней части отмечены слабовыраженные разорванные

псевдофибры ржавого цвета. Единичные корни растений. Переход к нижележащему горизонту резкий, по цвету и плотности.

BC 60 см и глубже. Темно-серый супесчаный горизонт. Наблюдаются широкие темно серые с ржавыми вкраплениями почти сплошные псевдофибры. Заметно плотнее предыдущего. Корней растений нет.

Болотный комплекс под осоково-вейниковым березняком, кв. 364/385. В растительном покрове из древесных пород преобладает береза. Наблюдается незначительная примесь сосны обыкновенной. В подлеске отмечаются крушина ломкая и рябина обыкновенная. Травянистый покров сложен вербейником, осоками, папоротниками. В местах выхода подземных вод на дневную поверхность значительную долю занимает камыш. Из мхов преобладают сфагнум и дикранум. Также отмечено несколько мертвопокровных участков полностью лишенных растительности. Тут сформировались болотные низинные торфянисто-глеевые почвы.

T₁ 0-10 см. Бурый, обильно переплетенный корнями растений слаборазложившийся торф. Рыхлый, влажный. Переход ясный.

T₂ 10-15 см. Бурый, заметно темнее предыдущего среднеразложившийся торф. Густо переплетен корнями растений. Присутствуют осветленные зерна кварца. Рыхлый. Переход заметный.

T₃ 15-23 см. Темно-серый почти черный сильно опесчаненный торф. Встречаются корни растений. Рыхлый, мокрый. Переход постепенный.

G₁ 23-29 см. Темно-серого цвета, легко суглинистый с линзами более светлого песка. Наблюдается обилие зерен кварца. Присутствует незначительное количество корней растений. Рыхлый, мокрый. С глубины 29 см появляется вода.

Ольшаник в кв. 365. Занимает выровненный участок притеррасной часто поймы р. Ивница. Доминирующая порода ольха. В подлеске береза и ивы. Напочвенный покров обильный, представлен преимущественно крапивой и осоками. В этих условиях сформировались пойменные лесные иловато-торфяные почвы. Общая мощность разреза 50 см.

T₁ 0-10 см. Влажный темно-коричневого цвета хорошо разложившийся торф. Тяжелосуглинистый. Обилие отмерших частей растений. Уплотнен. Переход к нижележащему горизонту постепенный по цвету и плотности.

T₂ 10-20 см. Сырой. Черный сильно разложившийся торф. Отдельные части растений трудно диагностируются. Тяжелосуглинистый. Редкие крупные отмершие части растений. Плотнее предыдущего. Переход к нижележащему горизонту постепенный по цвету и плотности.

T₃ 20-30 см. Мокрый сильно разложившийся торф. Насыщенного черного цвета, заметно темнее вышележащего горизонта. Тяжелосуглинистый плотный горизонт. Не разложившихся корней растений практически нет. Переход к нижележащему горизонту постепенный по цвету и плотности.

TG 30 см и глубже. Сырой. Темно-серого цвета органоминеральный горизонт. Супесчаный, встречаются зерна кварца. Отмечаются единичные отмершие части растений. С глубины 45 см появляются грунтовые воды.

Краснолесненская катена. В группе представлены биоценозы, расположенные на IV террасе р. Воронеж и в пойме правобережья р. Усмань. Одна из наиболее высоких в рельефном плане катен. Относительная высота составляет 150 м на террасе р. Воронеж. Выражен уклон в направлении к пойме Усмани и падением высоты до 130 м.

Сосняк в кв. 395. Наиболее удаленный от поймы р. Усмань биоценоз. Выровненный участок с незначительным уклоном к пойме. Доминирующая древесная порода сосна. В подросте отмечается рябина, напочвенный покров выражен слабо. Представлен преимущественно редкими зелеными мхами. В микрорельефе хорошо выделяются приствольные повышения. На этом участке сформировались дерново-лесные песчаные среднедерновые слабоподзоленные почвы. Общая мощность разреза 105 см.

Ад 0-5 см. Влажный. Светло-серого цвета. Песчаный. Остатки хвои и коры сосны. Слабая кремнеземистая присыпка. Отмершие остатки травянистых растений. Корни травянистых растений. Переход резкий.

А 5-17 см. Влажный. Серый, темнее предыдущего. Песчаного гранулометрического состава. Непрочная мелкокомковатая структура. Сыпучий. Рыхлый. Многочисленные корни растений. Слабая кремнеземистая присыпка. Переход постепенный. Граница не ровная с затеками органического вещества в нижележащий горизонт.

АЕ 17-29 см. Верхняя граница расплывчатая и неровная. Влажный. Светлее предыдущего, серовато-желтого цвета. Песчаного гранулометрического состава. Непрочнокомковатая структура. Рыхлый, но плотнее предыдущего. Редкие корни растений. Переход постепенный по цвету и плотности.

В 29-64 см. Влажный. Желто-бурый, с палевым оттенком. Бесструктурный песчаный горизонт. Темные мелкие вкрапления органического вещества. К нижней границе горизонта неровной формы крупные осветленные пятна. Переход к нижележащему горизонту постепенный по цвету, граница неровная.

ВС 64 и глубже. Влажный. Светлее предыдущего палево-желтого цвета. Наличие светлых пятен придает легкую пестроту. Песчаный, бесструктурный

Дубрава в кв. 374. Расположена в 1 км на запад от сосняка. Доминирующая порода – дуб. Напочвенный покров выражен слабо вследствие обильных пороев кабанов, которые так же привели к деструкции лесной подстилки и перемешиванию ее с гумусово-аккумулятивным горизонтом. В этих условиях сформировались светло-серые лесные супесчаные маломощные почвы. Общая мощность разреза 123 см.

А 0-17 см. Влажноватый, темно серого цвета. Супесчаный. Неяснокомковато-порошистой структуры. Обильная кремнеземистая присыпка. Многочисленные корни растений. Переход растянутый, с затеками гумусового вещества

АВ 17-37 см. Влажный. Светлее предыдущего, палево-бурой окраски. Неясно мелко призматовато-комковатая структура. Рассыпчатый.

Многочисленные корни растений, но менее обильные нежели в верхнем горизонте.

В 37-67 см. Влажный. Темнее предыдущего палево-бурого цвета с многочисленными светлыми пятнами. Песчаного гранулометрического состава. Редкие темные гумусовые пятна по ходам корней. Переход постепенный

ВС 67 и глубже. Влажный. Визуально светлее предыдущего. Песчаный, бесструктурный. Редкие корни растений. По ходам корней темные пятна гумусового вещества. Присутствуют редкие неясно выраженные рваные ортзанды.

Осинник в кв. 396. Расположен в 1 км при движении на запад от дубравы. Занимает слабобугристую равнину с высотой повышений 0.2-0.3 м. Доминирующая древесная порода осина. В подросте... Напочвенный покров хорошо выражен и представлен преимущественно снытью. В этих условиях формируются дерново-лесные слабодерновые песчаные почвы. Общая мощность разреза 100 см.

Ад 0-2 см. Свежий, большое количество сухих листьев осины, остатки древесной растительности

А 2-10 см. Влажный, песчаный. Крупные зерна песка, серо-коричневого цвета. Бесструктурный. Рыхлый, сыпучий. Многочисленные разной величины корни древесной и травянистой растительности. Переход постепенный по цвету, с многочисленными неровными затеками в нижележащий горизонт.

В 10-18 см. Сырой. Светлее предыдущего, светло-коричневого цвета, песчаный, бесструктурный, рыхлый. Отдельные корни растений, по ходам корней затеки органического вещества. Переход к нижележащему горизонту постепенный по цвету

ВС₁ 18-48 см. Сырой, палево-желтой окраски. Песчаный, бесструктурный, рыхлый. Многочисленные осветленные пятна неправильной

формы. Переход к нижележащему горизонту выражен не четко, постепенный.

BC₂ 48-100 см. Сырой, палево-желтой окраски. Песчаный, бесструктурный, рыхлый. Многочисленные осветленные пятна неправильной формы. Отличается от вышележащего горизонта наличием многочисленных ортазандов с неровной границей, и мощностью 3-5 мм. По морфологическим признакам ортазанды отличаются только более темной ржаво-коричневой окраской.

Осоковое влажнотравное болото в кв. 397. Расположено в 1 км на запад от осинника в долине бокового притока р. Усмань. Относительная высота 140 м. Травянистый покров сложен молинией, озерным камышом, осоками, вейником, купеной. Здесь сформировались болотные торфяно-перегнойно-глеевые почвы. Общая мощность разреза 53 см.

T 0-4 см. Бурый, слаборазложившийся торф. Содержатся отмершие части растений. Рыхлый, влажный, переход ясный.

A 4-14 см. Темно-серый опесчаненный. Обильная кремнеземистая присыпка. Значительно плотнее предыдущего горизонта. Сырой, переход ясный.

G 14 см и глубже. Светло-серый мелкозернистый песок. Присутствуют осветленные отбеленные пятна. Мокрый, рыхлый. Уровень грунтовых вод с глубины 53 см. Вода прозрачная, с легким желтоватым оттенком и слабым запахом сероводорода.

Ольшаник в кв. 376. Расположен на выровненном участке прирусловой части поймы р. Усмань. Доминирующая древесная порода ольха. В напочвенном покрове преобладают крапива и осоки. В этих условиях сформировались пойменные лесные иловато-торфяно-глеевые маломощные почвы. Общая мощность разреза 46 см.

T₁ 0-15 см. Сырой, черного цвета среднеразложившийся торф, комковатой структуры. Среднесуглинистый. Обильные корни растений. По

ходам корней затеки железа, уплотнен. Переход резкий. По цвету и плотности.

T₂ 15-31 см. Сырой. Темно серый, почти черный торф, но светлее предыдущего. Комковато-призматическая структура. Среднесуглинистый. Корней много, но меньше чем в вышележащем горизонте. Характерно наличие детритов. Переход заметный по цвету и плотности

TG 31 см и глубже. Мокрый. Сизовато-черного цвета. Среднесуглинистый. Комковато-призматической структуры. Слабая кремнеземистая присыпка. Многочисленные пятна железа. В верхней части наблюдаются затеки органического вещества из вышележащих горизонтов. С глубины 46 см появляется вода темного цвета без запаха.

Большеприваловская катена. Одна высоких катен – расположена на IV террасе р. Воронеж и в левобережном участке поймы р. Усмань. Относительная высота наиболее изменяется от 160 м на террасе р. Воронеж и до 130 м в пойме р. Усмань. Для почв в целом характерно близкое залегание грунтовых вод, за исключением почв осинника. Ниже приведены морфологические признаки исследованных почв.

Сосняк в кв. 401. Наиболее удаленный от поймы и наиболее высокий биоценоз, расположенный на выровненной слабопологой поверхности. Доминирующая порода сосна. Имеется незначительная примесь березы. В подросте рябин. Напочвенный покров представлен папоротниками. Здесь формируются дерново-лесные слабодерновые глубокоподзолистые глубокоглееватые песчаные почвы. Общая мощность разреза 90 см.

A_д 0-3 см. Светло-серая дернина, покрыта сухим опадом сосны и отмершими частями травянистых растений, отмечена слабая кремнеземистая присыпка;

A 3-12 см. Светло-серый песчаный горизонт. Обильно пронизан корнями как древесных так и травянистых растений, неясно выраженная кремнеземистая присыпка, сырой, рыхлый, слабо уплотнен. Переход к нижнему горизонту хорошо определяется по цвету, однако граница перехода

очень не ровная, с многочисленным затеками и языками в нижележащий горизонт;

AE₁ 12-31 см. Светло-серого окраса, но заметно светлее предыдущего. Присутствуют многочисленные светлые пятна придающие легкую пестроту Непрочно-комковато-ореховатая структура. Редкие корни растений. По ходам наиболее крупных корней темные пятна. Слабо уплотнен. Влажный. Переход резкий по плотности;

AE₂ 31-50 см. По окраске практически не отличается от вышележащего горизонта, но хорошо выделяется по более высокой плотности. Супесчаного грансостава Присутствуют редкие ржавые пятна. По ходам наиболее крупных корней также отмечаются темные пятна. Сырой. Переход резкий по цвету;

B₁ 50-65 см. Темно-палево-бурой окраски с оранжевым оттенком супесчаный горизонт. Многочисленные слабо осветленные не правильной формы пятна. Непрочно-комковато-ореховатая структура. Переход постепенный заметен по плотности и по цвету;

B₂ 65 см и глубже. Мокрый. Светло-палево-бурой окраски. Многочисленные осветленные пятна, придающие легкую мраморность окраске. Непрочно-комковато-ореховатая структура. Супесчаного гранулометрического состава. По ходам редких корней темные пятна органического вещества. Редкие железисто марганцевые конкреции. Более плотный, нежели вышележащий горизонт. С глубины 90 см появляется вода.

Болото под осково-тростниково-камышевым березняком в кв. 423. Расположено в 700 м южнее сосняка. Представляет собой замкнутое понижение антропогенного происхождения. Деревья представлены березой, отмечаются единичные деревья сосны, дуба, осины. В подлеске отмечается крушина ломкая, рябина, ива. Напочвенный покров составляют молиния, вербейник обыкновенный, марьянник, орляк. Из мхов отмечены дикранум и сфагнум. Здесь сформировались болотные торфяно-перегноино глеевые почвы. Общая мощность разреза 49 см.

Т 0-15 см. Темно-серый почти черный с буроватым оттенком, хорошо разложившийся торф. Густо переплетен корнями растений, содержит разлагающиеся растительные остатки. Рыхлый, свежий, переход заметный.

А 15-31 см. Темнее предыдущего темно-серый почти черный, в нижней части горизонта осветленные пятна. Супесчаный, содержит включения песка, рыхлый, свежий, переход заметный по цвету.

G₁ 31-41 см. Неоднородно окрашенный со светлыми и темными затеками. Песчаный, единичные корни растений, темные затеки по корням корней. Рыхлый, влажный, переход постепенный.

G₂ 41 см и глубже. Светло-серый с редкими темными пятнами, песчаный. Встречаются редкие корни растений. Сырой. С глубины 49 см появляется вода. Вода характеризуется светло-желтым цветом при полном отсутствии запаха.

Дубрава кв. 444. Расположена в 700 м юго-западнее болота. На ровном слабонаклонном к р. Усмань участке Доминирующая порода дуб. Редкие деревья березы. Напочвенный покров представлен... Микрорельеф выражен приствольными повышениями. В этих условиях сформировались светло-серые лесные грунтово-глееватые среднемошнные супесчаные почвы. Общая мощность разреза 65 см.

A_д 0-5 Буро-серая слегка оторфованная лесная подстилка. Густо пронизана корнями растений. Сухая. Бесструктурная. Переход резкий.

A₁ 5-15 Темно-серый, почти черный со светлыми пятнами. Влажный. Неясно-комковатая структура. Многочисленные корни растений. По ходам наиболее крупных признаки заторфовывания. Нижняя граница размыта. Переход к нижележащему горизонту постепенный.

A₂ 15-46 Светло-серый, крупные корни растений. Супесчаный. Неясновыраженная комковатая структура. Темные пятна по ходам корней. Переход резкий, хорошо заметен по цвету

В 46-65 На светло-сером фоне сизовато-темные пятна и затеки неясной формы. Бесструктурный. Творожистовидный мелкозернистый песок.

Bg 65 и глубже Белесый мелкозернистый песок. Бесструктурный. Мокрый. С глубины 65 см появляются грунтовые воды светло зеленого цвета без запаха.

Осинник в кв. 443. Расположен в 1 км западнее дубравы. Доминирующая порода – осина. В напочвенном покрове доминирует сныть. Отмечаются редкие порою кабанов. Здесь формируются светло-серые лесные супесчаные маломощные малогумусные супесчаные почвы. Общая мощность разреза 125 см.

О 0-5 см. Сухой. Светло-серого цвета, влажный. Обильная присыпка кремнезема. Обильные корни растений. Рассыпчатый. Бесструктурный. Переход резкий по плотности

A₁ 5-23 см. Слабо увлажнен. Темно-серого с буроватым оттенком цвета. Песчаный. Плотнее предыдущего. Обильная кремнеземистая присыпка. Обильные корни растений. По ходам корней затеки гумусого-вещества. Переход постепенный с затеками

A₂ 23-50 см. На общем светло-сером фоне, многочисленные темные и светлые пятна. Плотнее предыдущего. Супесчаный. Корней мало. Влажный. Непрочнокомковатой структуры. Переход хорошо заметен по цвету и плотности

B₁ 50-103 см. Слабо увлажнен. Светло-серый белесоватый песок с пятнами органического вещества и осветленным пятнами. Менее плотный чем вышележащий горизонт. Переход постепенный по плотности.

B₂ 103 см и глубже. Слабо увлажнен. Светло-серый белесоватый песок с пятнами органического вещества и осветленным пятнами. Более плотный чем вышележащий горизонт.

Ольшаник в кв. 420. Занимает прирусловой выровненный участок поймы р. Воронеж в двух км от осинника. Доминирующая порода ольха, напочвенный покров представлен осоками и крапивой. Здесь сформировались пойменные лесные иловато-торфяно-глеевые маломощные почвы. Общая мощность разреза 50 см.

T₁ 0-20 см. Сырой, черного цвета хорошо разложившийся торф. Комковато-призматической структуры. Тяжелосуглинистый. Многочисленные корни растений. Липкий и пластичный. Уплотнен. Переход к нижележащему горизонту заметен по цвету и плотности.

T₂ 20-45 см. Мокрый. Коричневато-черный сильно разложившийся торф. На структурные отдельности не подразделяется. Слабо уплотнен. Хорошо режется лопатой. По границам срезов видны оксидные пленки. Переход резкий, заметный по цвету.

G 45 см и глубже. Светло-серый с редкими темными пятнами, песчаный. Встречаются редкие корни растений. Сырой. С глубины 50 см появляется вода. Вода характеризуется светло-желтым цветом при полном отсутствии запаха.

Усманская катена. Самая высокая в рельефном плане катена. Все исследуемые биоценозы располагаются на IV террасе р. Воронеж на относительной высоте ок. 160 м. Единственная группа, в которой не представлены ольшаники, в виду того что данный биоценоз не представлен в этой части заповедника.

Дубрава, кв. 30. Занимает слабоволнистую поверхность IV террасы р. Воронеж. Доминирующая порода древесная порода дуб. Встречаются отдельные деревья березы. Напочвенный покров редкий представлен осоками, снытью, злаками. Здесь сформировались светло-серые лесные маломощные супесчаные почвы. Общая мощность разреза 60 см.

O 0-4 см. Сухой. Бурого цвета. Рыхлый. Бесструктурный. Многочисленные отмершие растительные остатки и корни растений. Слегка оторфованный.

A₁ 4-9 см. Влажный. Темно-серый, почти черный. Обильная кремнеземистая присыпка. Супесчаный. Неясно зернисто-комковатая структура. Обильно пронизан корнями растений. Уплотнен. Переход к нижележащему горизонту резкий по плотности.

А₂ 9-19 см. Влажный. Заметно-плотнее предыдущего. Темно-серого цвета. Супесчаного гранулометрического состава. Структура неясно зернисто-комковатая. Кремнеземистой присыпки практически нет.

АВ 19-35 см. Влажный, темно-бурого цвета, который ему придают крупные ржавые пятна, легкосуглинистый, уплотнен, единичные корни растений, переход к нижележащему горизонту постепенный с языковатой границей.

В 35 и глубже см. Влажный, светло-серого цвета с палевым оттенком, структура мелко-комковатая, в нижней части горизонта отмечаются редкие осветленные пятна оглеения, корней растений нет.

Сосняк, кв. 43. Доминирующая порода сосна. В подлеске отмечаются редкие деревья рябины. Напочвенный покров практически отсутствует и представлен преимущественно мхами. В этих условиях формируются дерново-лесные слабодерновые среднеподзолистые песчаные почвы. Общая мощность разреза 80 см.

А_д 0-4 см. Сухая дернина буро-серого цвета. Сложена преимущественно остатками хвойной растительности разной степени разложения. Переход к нижележащему горизонту резкий по цвету.

АЕ 4-12 см. Свежий. Светло-серого цвета. Песчаный. Слабо выраженная мелкокомковатая структура. Рыхлый и сыпучий. Обильно пронизан корнями растений. Хорошо выражена кремнеземистая присыпка. Переход резкий по цвету. Граница к нижележащему горизонту неровная, языковатая.

В₁ 12-21см. Палево бурой окраски. На общем фоне встречаются редкие темные пятна по ходам корней. Песчаный. Структура неясно-комковатая. Свежий. Плотнее предыдущего. Переход постепенный заметен по цвету и плотности.

В₂ 21-54 см. Палево бурый но заметно светлее предыдущего. По ходам корней отмечаются крупные темные с ржавым оттенком пятна неправильной формы. Неясно комковатая структура. Свежий. Переход к нижележащему горизонту хорошо заметен по цвету. Встречаются редкие корни растений.

ВС 54 см и глубже. Светло белесый горизонт светлее всех вышележащих. Присутствуют редкие мелкие темные и ржавые пятна. Песчаный. Рыхлый бесструктурный горизонт. Увлажнен. Корней растений практически нет.

Осинник кв. 4. Общая мощность 72 см.

А 0-11 см. Свежий. Песчаный горизонт светло серого окраса. Непрочно комковатой структуры. Рассыпчатый и рыхлый горизонт. Обильные корни растений. Хорошо выражена кремнеземистая присыпка. Переход постепенный заметен по цвету, граница размытая.

АВ 11-24 см. Увлажнен. Светло серый горизонт. Непрочно комковатой структуры. Плотнее вышележащего горизонта. Корней растений меньше. Отмечаются редкие темные пятна по ходам крупных корней. Переход постепенный по цвету и плотности.

В₁ 24-41 см. Светло палево бурой окраски. Влажный. Неясно мелкокомковатой структуры. Так же как и в вышележащем горизонте темные пятна по ходам корней. Переход к нижележащему горизонту постепенный заметен по цвету и плотности

ВС 41 и глубже. Сырой. Бурый. Темнее вышележащего горизонта. Супесчаный. Многочисленные темные пятна. Непрочнопризматическая структура. Плотнее предыдущего. Корней растений практически нет.

Болотный комплекс под осоково-вейниковым тростниковым березняком кв. 26. Доминирующими видами древесной растительности здесь являются береза и сосна обыкновенная. Из трав произрастают молиния, вербейник обыкновенный, осоки, тростник, камыш. Мозаично произрастает сфагнум. Здесь сформировались болотные торфянисто-перегноино глеевая почвы

Т 0-9 см. Темно-серый почти черный, хорошо разложившийся торф. Густо переплетен корнями, содержит отмершие части растений, отмечаются вкрапления кварцевого песка. Переход заметный по цвету.

А 9-21 см. Серый светлее предыдущего, песчаный, сильно переплетен корнями растений. Содержит линзочки кварцевого песка. Свежий, переход заметный по цвету.

G₁ 21-37 см. Палево-бурый с буроватыми и осветленными пятнами, слегка уплотненный песок. Редкие корни растений, по ходам корней темные затеки, переход заметный по цвету.

G₂ глубже 37 см. Грязно-бурый, по ходам корней ржавые пятна, опесчаненый, сырой. Вода с глубины 53 см.

Таким образом, на все территории заповедника наблюдаются различные типы почв, сформировавшиеся в сходных растительных условиях.

3.1.1.2. Химические и физико-химические свойства почв Воронежского заповедника

Почвы сосняков. В дерново-лесных почвах сосняков наиболее богатыми углеродом являются дерновые горизонты, содержание углерода в которых варьирует в пределах 1.86-16.60%. Наиболее низкие концентрации отмечаются в почвах приуроченных к Краснолесненской катене.

Максимальные концентрации зарегистрированы в почвах Большеприваловской катены. В гумусово-аккумулятивных горизонтах максимальное содержание углерода отмечено в почвах, сформировавшихся на II террасе р. Воронеж, (2.02%), а минимальные – в почвах IV террасы р. Воронеж в Краснолесненской и Большеприваловской катенах (0.78 и 0.86% соответственно). В иллювиальных и переходных к материнской породе горизонтах для всех дерново-лесных почв сосняков характерно низкое содержание углерода 0.10-1.38%. Для всех почв сосняков характерно изменение реакции среды от кислой до слабокислой в почвах Краснолесненской и Большеприваловской катен, близкой к нейтральной в почвах Усманской катены и нейтральной в почвах Борской и Рамонской катен. Дерново-лесные почвы боров характеризуются низким содержанием обменных катионов кальция и магния. Исключение составляют дерново-лесные почвы III террасы р. Воронеж, приуроченные к Борской катены, в

которых содержание кальция и магния в дерновом горизонте составляет 40.1 и 14 мг-экв/100 г, соответственно.

Таблица 8

Химические и физико-химические свойства дерново-лесных почв сосняков Воронежского заповедника

ЛГГ	Горизонт	Глубина, см	C, %	N, мг/100 г	pH _{вод}	Ca ²⁺ , мг-экв/100 г	Mg ²⁺ , мг-экв/100 г	Сумма, мг-экв/100 г
Краснолесненская ЛГГ	А _д	0-5	1.86	34.3	4.83	4.5	2.9	7.4
	А	5-17	0.78	8.26	4.55	1.2	0.9	2.1
	АЕ	17-29	0.28	5.46	4.75	0.9	1.1	2.0
	В	29-64	0.22	2.66	5.36	1.4	1.1	2.5
	ВС	>64	0.14	2.66	5.45	1.3	0.3	1.6
Большеприваловская ЛГГ	А _д	0-3	16.60	46.90	не опр.	8.4	11.0	19.4
	А	3-12	0.86	5.46	4.47	1.4	0.3	1.7
	АЕ ₁	12-31	0.10	1.82	4.60	0.7	0.6	1.3
	АЕ ₂	31-50	0.40	2.10	4.51	1.5	0.6	2.1
	В ₁	50-65	0.14	2.38	4.75	1.1	0.9	2.0
	В ₂	>65	0.32	2.94	5.12	0.7	1.4	2.1
Рамонская ЛГГ	А	0-17	2.02	8.54	4.63	1.5	0.6	2.1
	АЕ	17-39	1.96	2.66	5.01	0.9	2.3	3.2
	В	39-57	1.38	1.82	5.53	0.9	0.9	1.8
	В ₁	57-70	1.00	1.82	5.88	1.2	0.3	1.5
	В ₂	>70	1.00	2.94	6.39	1.5	0.9	2.4
Борская ЛГГ	А _д	0-6	7.05	39.34	4.24	40.1	14.0	54.1
	А	6-14	1.45	32.62	4.87	8.7	13.9	22.6
	В ₁	14-25	0.35	3.50	5.10	0.7	0.60	1.3
	В ₁	25-60	0.24	2.38	5.47	не опр.	не опр.	не опр.
	ВС	>60	0.19	2.66	6.27	не опр.	не опр.	не опр.
Усманская ЛГГ	А _д	0-7	4.88	21.42	4.72	4.8	2.9	7.7
	АЕ	7-14	1.74	7.70	4.57	0.9	0.6	1.5
	В ₁	41-41	1.00	4.90	4.80	0.9	0.3	1.2
	В ₂	41-59	0.56	2.10	5.28	1.0	1.4	2.4
	ВС	>59	0.64	4.34	5.81	0.7	0.6	1.3

В дерновых лесных почвах других катен содержание кальция варьирует в диапазоне 4.5-8.4 мг-экв/100 г, магния – 2.9-11 мг-экв/100 г. В гумусово-аккумулятивных горизонтах происходит снижение концентраций обменных

кальция и магния до 8.7-0.9 мг-экв/100 г и 0.3-13.9 мг-экв/100 г, соответственно. В глуболежащих горизонтах концентрации обменных катионов снижаются до 0.7-1.5 мг-экв/100 г в почвах высоких террас и следовых количеств в почвах III террасы р. Воронеж. Наибольшее содержание щелочногидролизуемого азота отмечается в дерновых горизонтах с максимальными значениями 39.34 мг/100 г в почвах Борской катены. В гумусово-аккумулятивных горизонтах характерно более низкое содержание азота, за исключением почв Борской катены в которых оно составляет 32.62 мг/100 г, в то время как в почвах других катен содержание щелочногидролизуемого азота варьирует в пределах 5.46-8.54 мг/100 г. В иллювиальных и переходных к материнской породе горизонтах отмечаются минимальные концентрации щелочногидролизуемого азота, которые варьируют в пределах 1.82-5.46 мг/100 г.

Почвы дубняков. Под дубравами Большеприваловской, Усманской и Рамонской катен сформировались дерново-лесные почвы, в Борской и Краснолесненской катенах сформировались светло-серые лесостепные почвы. Максимальное содержание углерода зарегистрировано в дерновых горизонтах Усманской и Краснолесненской катен 55.60 и 12.52%, соответственно.

В гумусово-аккумулятивных горизонтах максимальное содержание углерода так же наблюдается в почвах Усманской катены – 3.38%, в дерново-лесных почвах Рамонской катены зарегистрировано минимальное его содержание – 0.93%. С глубиной для всех почв характерно снижение содержания углерода до десятых долей процента, однако, в дерново-лесных почвах Усманской катены отмечается повышенное содержание углерода в иллювиальном горизонте – 1.1%. Для большинства почв характерна близкая к нейтральной реакция среды, однако в почвах Усманской и Большеприваловской катен наблюдается слабокислая и кислая реакция среды. Максимум содержания щелочногидролизуемого азота наблюдается в дерновом горизонте дерново-лесных почв Усманской и Большеприваловской

Таблица 9

Химические и физико-химические свойства светло-серых лесных и серых лесных почв дубрав Воронежского заповедника

ЛГГ	Горизонт	Глубина, см	C, %	N, мг/100 г	pH _{вод}	Ca ²⁺ , мг-экв/100 г	Mg ²⁺ , мг-экв/100 г	Сумма, мг-экв/100 г
Краснолесная ЛГГ	A	0-17	1.60	18.34	6.29	5.0	1.7	6.7
	AB	17-37	0.16	2.94	6.24	0.7	1.1	1.8
	B	37-67	0.06	2.66	6.46	1.4	0.6	2.0
	BC	>67	0.08	2.10	6.6	1.5	1.4	2.9
Большеприваловская ЛГГ	A _д	0-5	12.52	44.94	6.22	4.8	0.6	5.4
	A ₁	5-15	1.58	9.66	4.45	2.6	0,9	3.5
	A ₂	15-46	0.16	3.50	4.87	2.2	не опр.	2.2
	B	46-65	0.06	2.10	4.78	2.2	0.6	2.8
	BG	>65	0.08	3.78	5.85	1.0	0.3	1.3
Рамонская ЛГГ	A	0-15	0.93	11.5	5.1	2.9	2.7	5.6
	B ₁	15-60	0.06	8.54	6.3	1.1	0.5	1.6
	B ₂	60-75	0.06	9.66	6.6	1.1	1.1	2.2
	BC	>75	не опр.	7.42	6.6	1.8	1.5	3.3
Борская ЛГГ	A ₁	0-17	1.97	21.10	6.3	3.9	1.8	5.7
	A ₂	17-36	0.41	6.70	5.9	6.3	1.4	7.7
	AB	36-80	0.29	3.0	6.4	4.4	1.2	5.6
	B	80-98	0.29	2.10	6.6	5.3	1.8	7.1
	BC	>98	0.11	не опр.	6.7	1.1	0.3	1.4
Усманская ЛГГ	A _д	0-4	55.6	32.06	4.57	3.8	1.1	4.9
	A ₁	4-9	3.38	15.54	4.29	0.9	0.3	1.2
	A ₂	9-19	2.16	8.26	4.38	1.0	2.0	3.0
	AB	19-35	1.66	6.58	4.39	1.0	0.6	1.6
	B	>35	1.02	3.50	5.06	0.7	не опр.	0.7

катен – 32.06 и 44.94 мг/100 г, соответственно. В гумусово-аккумулятивных горизонтах, напротив, максимум содержания азота приходится на светло-серые лесные почвы Борской катены - 21.10 мг/100 г. Минимальные концентрации азота зарегистрированы в гумусово-аккумулятивном горизонте дерново-лесных почв Рамонской катены – 11.5 мг/100 г. Для всех почв характерно снижение содержания щелочногидролизуемого азота с глубиной, где в переходных к материнской породе горизонтах, оно составляет 2.01 – 5.74 мг/100 г. Наиболее высокие концентрации обменного

кальция отмечаются в светло-серых лесостепных почвах Борской и Краснолесненской катен.

Почвы осинников. Под осинниками на территории Воронежского заповедника сформировались светло-серые лесостепные супесчаные почвы. Наиболее высокие концентрации углерода отмечены в почвах наиболее низких Рамонской и Борской катен. В гумусово-аккумулятивных горизонтах почв этих групп содержание углерода варьирует в пределах 2.72 - 3.75 %. В том время как, в почвах орографически высоких катен варьирует в пределах 1.72 – 0.52 %. Как и в других почвах, в почвах под осинниками количество углерода снижается с глубиной. Достигая своих минимальных значений в переходных к материнской породе горизонтах. Однако, наибольшие концентрации все так же характерны для почв низких катен – 0.56 – 0.88 %. Все почвы характеризуются слабокислой либо близкой к нейтральной реакцией среды. Наиболее высоким содержанием щелочногидролизуемого азота - 34.86 мг/100 г в этих почвах характеризуются горизонты лесных подстилок Большеприваловской и Рамонской катен. Распределение катен по концентрации азота в гумусово-аккумулятивном горизонте выглядит аналогично, распределению органического углерода. Для всех переходных к материнской породе горизонтов характерны низкие концентрации щелочногидролизуемого азота, с максимумом в почвах Краснолесненской катены – 4.06 мг/100 г, и минимумом – 1.82 мг/100 г, в почвах Рамонской катены. Для всех почв характерно низкое содержание обменных катионов кальция и магния. Причем, для всех почв характерно очень низкое содержание ионов магния, за исключением светло-серой лесостепной почвы Борской катены, в горизонте В, наблюдается повышенное содержание магния, по отношению к другим горизонтам – 7.6 мг-экв/100 г.

Почвы ольшаников. Не смотря на широкий разброс по территории заповедника, почвы пойменных ольшаников в абсолютных высотах расположены практически на одном уровне и не имеют ярко-выраженных отличий по морфологическим признакам. Для всех почв этого биоценоза

характерна кислая реакция среды, с постепенным изменением ее вниз по профилю в сторону нейтральной. Пойменные лесные почвы, сформировавшиеся под ольховыми лесами, характеризуются высоким

Таблица 10

Химические и физико-химические свойства светло-серых лесных и серых лесных почв осинников Воронежского заповедника

ЛГГ	Горизонт	Глубина, см	C, %	N, мг/100 г	pH _{вод}	Ca ²⁺ , мг-экв/100 г	Mg ²⁺ , мг-экв/100 г	Сумма, мг-экв/100 г
Краснолесная ЛГГ	А _д	0-2	1.32	27.86	6.26	8.9	1.1	10.0
	А	2-10	0.74	6.86	5.63	2.4	0.6	3.0
	В	10-18	0.14	2.94	5.99	1.2	0.6	1.8
	BC ₁	18-48	0.26	3.50	6.39	0.9	0.6	1.5
	BC ₂	> 48	0.08	4.06	6.02	1.7	0.6	2.3
Большеприваловская ЛГГ	О	0-5	1.34	34.86	5.08	5.1	2.3	7.4
	А ₁	5-23	0.52	5.46	4.84	1.5	0.6	2.1
	А ₂	23-50	0.34	3.22	5.07	0.3	0.9	1.2
	В ₁	50-103	0.08	2.94	5.75	1.0	0.9	1.9
	В ₂	>103	0.12	2.66	5.61	0.4	0.5	0.9
Рамонская ЛГГ	О	0-5	2.72	34.86	5.46	6.7	1.7	8.4
	А	5-17	1.7	16.66	5.54	2.6	0.6	3.2
	В	17-42	0.98	2.66	7.22	1.2	1.5	2.7
	BC ₁	42-70	1.00	2.10	6.96	0.7	0.6	1.3
	BC ₂	>70 е	0.88	1.82	6.52	1.2	0.6	1.8
Борская ЛГГ	А ₁	0-10	3.25	29.54	7.04	2.4	не опр.	2.4
	А ₂	10-20	3.85	13.86	6.91	не опр.	не опр.	не опр.
	В ₁	20-50	0.99	7.56	6.46	не опр.	не опр.	не опр.
	В ₂	50-60	0.68	4.62	6.52	0.7	7.6	8.3
	BC	>60	0.56	3.22	6.40	0.3	0.5	0.8
Усманская ЛГГ	А	0-14	1.72	21.70	5.79	2.2	0.6	2.8
	AB	14-31	0.28	4.06	5.70	1.9	0.6	2.5
	В	31-53	0.12	2.94	5.98	1.2	2.3	3.5
	BC	>53	0.10	2.10	5.91	1.1	1.1	2.2

содержанием углерода в верхних торфяных горизонтах. Минимальное содержание углерода отмечено в почвах Большеприваловской катены – 19.5 %. Максимальные концентрации зарегистрированы в пойменных лесных почвах пойм р. Усмань в Краснолесенской катен, и р. Воронеж в Рамонской

катен и составляют 35.21 и 34.91%, соответственно. Как в других типах почв содержание органического вещества в этих почвах с глубиной снижается. В почвах Краснолесненской и Рамонской катен это падение происходит резко и уже в органо-минеральных горизонтах концентрации углерода близки к таковым в гумусово-аккумулятивных горизонтах почв элювиальных ландшафтов. В то время как в пойменных лесных почвах р. Ивница и левобережья р. Усмань содержание углерода вниз по профилю падает более плавно, и своего минимума его концентрации достигают только в глеевых переходных к материнской породе горизонтах.

Таблица 11

Химические и физико-химические свойства пойменных лесных почв ольшаников Воронежского заповедника.

ЛГГ	Горизонт	Глубина, см	C, %	N, мг/100 г	pH _{вод}	Ca ²⁺ , мг-экв/100 г	Mg ²⁺ , мг-экв/100 г	Сумма, мг-экв/100 г
Краснолесненская ЛГГ	T ₁	0-20	35.21	29.8	5.92	64.1	1.9	66.0
	T ₂	20-50	10.61	28.8	6.62	91.5	11.1	102.6
	TG	>50	9.34	15.3	6.68	6.6	2.4	9.0
Большеприваловская ЛГГ	T ₁	0-15	19.5	31.80	6.34	82.4	12.5	94.9
	T ₂	15-31	16.8	28.80	6.48	77.4	4.8	82.2
	G	>31	15.1	не опр.	6.15	72.9	6.2	79.1
Рамонская ЛГГ	T ₁	0-4	55.33	32.34	4.76	9.4	15.1	24.5
	T ₂	4-9	51.68	не опр.	4.91	6.7	16.8	23.5
	T ₃	9-18	7.48	44.38	5.00	3.7	2.8	6.5
	G ₁	18-29	0.70	7.14	5.42	1.2	2.5	3.7
	G ₂	>29	0.18	11.06	5.85	0.9	1.4	2.3
Борская ЛГГ	T ₁	0-10	31.2	68.18	5.89	161.5	99.6	261.1
	T ₂	10-20	33.2	32.06	5.35	176.6	44.3	220.9
	T ₃	20-30	26.16	46.90	5.98	167.6	32.9	200.5
	TG	>30	2.72	11.06	6.02	22.4	14.9	37.3

Концентрации щелочногидролизуемого азота в профиле всех рассмотренных пойменных почва относительно близки и ведут себя одинаково. Небольшое отклонение в сторону от общей картины наблюдается в почвах поймы р. Ивница относимых к Борской катены. В этих почвах отмечены наибольшие

концентрации щелочногидролизуемого азота во всех торфяных горизонтах – 68.18 мг/100 г. Кроме того, в этих пойменных почвах из всех обследованных, наблюдается наиболее высокое содержание двухвалентных обменных катионов. Концентрация кальция в торфяных горизонтах варьирует в пределах 161.5-176.6 мг-экв/100 г, а магния – 32.9-99.6 мг-экв/100 г. Высокие концентрации кальция характерны и для почв поймы Усмани как Краснолесненской, так и Большеприваловской катен. Однако, содержание магния в них значительно ниже, чем в пойменных почвах Борской катены. Наиболее низкие концентрации кальция и магния зарегистрированы в профиле пойменной лесной почвы Рамонской катены где они варьируют в пределах 5.5 – 21.0 мг-экв/100 г и 0.3 – 4.0 мг-экв/100 г.

Почвы болот. Болотные почвы Рамонской и Борской катен характеризуются высоким содержанием органического углерода в верхней части профиля – 44.32-55.33%. В нижних торфяных горизонтах происходит снижение его содержания до 4.23-7.48%. Эти почвы характеризуются сильно кислой и средне кислой реакцией среды в верхних горизонтах. Вниз по профилю происходит незначительное подщелачивание и поэтому рН глеевых горизонтов колеблется от 5.2 до 5.6. Содержание кальция в верхней части торфяной толщи колеблется от до мг-экв/100 г. С глубиной происходит постепенное уменьшение количества кальция и уже в нижних оглеенных горизонтах его содержание падает до мг-экв/100 г.

На ЛУ долин боковых притоков сформировались торфяно-перегнойно-глеевые маломощные почвы. Реакция среды изменяется вниз по профилю от слабокислой до близкой к нейтральной. Содержание кальция в верхней части профиля составляет 6.3 мг-экв/100 г. С глубиной происходит постепенное уменьшение его содержания и в глеевом горизонте количество кальция составляет 0.9 мг-экв/100 г. Магния содержится значительно меньше чем кальция. В торфяном горизонте – 2.1 мг-экв/100 г, с глубиной происходит резкое уменьшение его количества до 0.2 мг-экв/100 г.

Таблица 12

Химические и физико-химические свойства болотных низинных почв

ЛГГ	Горизонт	Глубина, см	C, %	N, мг/100 г	pH _{вод}	Ca ²⁺ , мг-экв/100 г	Mg ²⁺ , мг-экв/100 г	Сумма, мг-экв/100 г
Краснолесная ЛГГ	T	0-4	35.09	101.8	6.92	не опр.	не опр.	не опр.
	A	4-14	32.76	31.78	7.25	9.6	3.4	13.0
	G	>14	0.55	4.62	7.62	1.6	1.2	2.8
Большеприваловская ЛГГ	T	0-15	38.81	35.7	4.67	14.5	8.7	23.2
	A	15-31	1.82	8.26	5.22	3.5	3.7	7.2
	G ₁	31-41	0.47	2.38	5.87	0.8	-	0.8
	G ₂	>41	0.42	5.46	6.08	0.5	-	0.5
Рамонская ЛГГ	T ₁	0-10	34.91	39.62	5.62	21.0	3.1	24.1
	T ₂	10-20	12.50	32.34	5.77	18.0	0.3	18.3
	TG	20-36	1.58	16.66	5.39	11.0	1.4	12.4
	G ₁	36-60	0.38	3.78	5.58	5.5	1.4	6.9
	G ₂	>60	0.24	6.30	5.68	10.0	4.0	14.0
Борская ЛГГ	T ₁	0-10	44.32	44.38	4.25	7.2	12.0	19.2
	T ₂	10-15	31.67	42.7	4.66	4.7	6.4	11.1
	T ₃	15-23	4.23	18.9	4.43	4.3	2.1	6.4
	G ₁	23-29	3.35	25.62	4.5	1.5	4.4	5.9
	G ₂	>29	0.56	не опр.	5.41	0.9	1.3	2.2
Усманская ЛГГ	T	0-9	24.25	50.26	4.06	7.2	-	7.2
	A	9-21	0.72	12.18	4.13	3.8	-	3.8
	G ₁	21-37	1.61	4.90	4.58	0.8	-	0.8
	G ₂	37-50	0.52	5.18	4.83	0.7	-	0.7

Почвы, сформировавшиеся на ландшафтном уровне II надпойменной террасы р. Усмань характеризуются большей мощностью торфяного горизонта – 36-51 см, Реакция среды колеблется от сильнокислой в верхней части профиля до среднекислой в нижней. Содержание кальция колеблется от 8.2 до 6.2 мг-экв/100 г. В нижней части профиля его количество изменяется от 0.4 до 0.6 мг-экв/100 г. Распределение магния по профилю аналогично предыдущим описанным разрезам. В верхней части профиля содержится максимальное его количество – 2.3-2.5 мг-экв/100 г. В нижних количество магния резко снижается до 0.1-0.5 мг-экв/100 г.

3.1.1.3. Краткое описание почв учетной линии млекопитающих

На учетной линии были заложены неполнопрофильные разрезы, в 5 биоценозах, расположенных на склоне долин боковых притоков р. Усмань и пойме р. Усмань. Самой высокой точкой является **суборь**. Доминирующей древесной породой является сосна. Отмечаются отдельные деревья березы и осины. В подлеске широко представлена малина. Здесь распространены дерново-лесные песчаные почвы.

Ниже по склону с небольшим уклоном в 0.5 градуса на ровной поверхности расположен **осинник**. Преобладающей древесной породой является осина, подверженная ветровальному процессу. Напочвенный растительный покров достаточно богат, но в отдельные годы сильно страдает от пороев кабанов. Почвенный покров однороден и представлен светло-серыми лесными глубоко оглееными супесчаными почвами.

Дубрава занимает обширный участок склона к руслу реки. Угол наклона не превышает 3- 4 градусов. Доминирующей древесной породой является дуб черешчатый. В подлеске преобладают крушина ломкая и бересклет бородавчатый. В напочвенном покрове – осоки и сныть обыкновенная. В этих условиях сформировались дерновые-лесные псевдофибровые супесчаные почвы.

Ольшаник на правом берегу р. Усмань, затопляемый в половодье. Преобладающей древесной породой является ольха черная. Отмечаются отдельные деревья ивы древовидной. В напочвенном покрове произрастают крапива пушистая, таволга вязолистная, несколько видов осок. Почвенный покров представлен пойменными лесными почвами на глубоких торфах.

Луг, на левом берегу реки Усмани, в ландшафтном плане представляющий плоскую ровную переувлажненную поверхность. Здесь распространены аллювиальные дерновые и аллювиальные луговые почвы. Грунтовые воды подступают достаточно близко к поверхности, начиная с глубины 35 см.

Почвы исследованных биоценозов отличались друг от друга по всем показателям. Содержание кальция, магния, органического вещества в почвах ольшаника и луга многократно выше, чем в почвах субори. Уровень pH также был максимальным в почвах луга и ольшаника и минимальным в субори. Почвы осинника и дубравы по этим показателям имели промежуточные значения. Отличия по содержанию азота и столь выражены. Уровни содержания азота в почвах повторяют соотношение концентраций органического вещества или суммы обменных оснований. Содержание анализированных элементов, как правило, снижалось от верхнего горизонта к нижнему. Исключение составили почвы ольшаника, где второй торфяной горизонт оказался самым насыщенным двух валентными катионами.

3.1.2 Почвы Окского заповедника

3.1.2.1. Морфологические свойства почв

На территории Окского заповедника было заложено 4 разреза в тех же биоценозах, что и в Воронежском заповеднике, за исключением сосняка. Все разрезы занимают II надпойменную террасу и правобережную пойму реки Пры в кварталах 26 и 27 Лакашского лесничества заповедника. Самым высоким в орографическом плане участком здесь выступает крупное **заболоченное понижение**, расположенное на слабоволнистом участке под сосново-березовым редколесьем. Напочвенный покров сплошной. Представлен преимущественно осоками разных видов и сфагновыми мхами. Здесь сформировались болотные низинные торфяные перегнойно-глеевые почвы со следующими морфологическими признаками:

О 0-9 см. Представлен преимущественно сфагнумом. Присутствуют отмершие слаборазложившиеся фрагменты сосны и березы. Граница с нижележащим горизонтом резкая.

T₁ 9-39 см. Влажный, светло-коричневый слаборазложившийся торф. Хорошо разделяется на отдельные пласты, упругий. Густо переплетен корнями растений, присутствует большое количество разлагающихся

фрагментов растений. Переход к нижележащему горизонту резкий по цвету и плотности. Граница ровная.

T₂ 39-51 см. Влажный, более темной окраски средне разложившийся торф. Других ярко-выраженных диагностических признаков отличающих его от вышележащего горизонта не выделено. Граница перехода к нижележащему горизонту резкая и ровная хорошо выделяется по цвету и морфологическим признакам.

A 51-60 см. Влажный, светло-серого цвета, песчаный горизонт непрочно-комковатой структуры. Обильная кремнеземистая присыпка. Присутствуют редкие корни растений. Переход к нижележащему горизонту постепенный с неровной границей определяется по цвету и плотности.

BG 60 см и глубже. Сырой, светло-серого почти слегка белесый песчаный бесструктурный горизонт. Многочисленные темные затеки органического вещества из верхнего горизонта. Плотнее предыдущего. Присутствуют редкие корни растений.

Разрез в **осиннике** был заложен на плоской выровненной поверхности второй террасы р. Пра. Доминирующая порода осина с примесью березы. В подросте отмечается рябина. Напочвенный покров представлен преимущественно папоротниками, отмечаются ландыши и осоки. Здесь формируются дерново-подзолистые среднеподзолистые маломощные почвы со следующими диагностическими признаками:

A_д 0-5 см. Сухая, сыпучая, светло-серого цвета дернина. Обильно пронизана корнями растений. Переход резкий по цвету и плотности с ровной границей.

A 5-15 см. Бледно-светло-серого цвета, сухой. Песчаного гранулометрического состава с рассыпчатой мелкокомковатой структурой.. Присутствуют многочисленные корни растений. Переход резкий по цвету и плотности

AE 15-30 см. Сухой осветленный песчаный горизонт со слабым желтоватым оттенком. Бесструктурный. Плотнее предыдущего. Редкие

крупные корни растений. Переход к нижележащему горизонту постепенный с многочисленными затеками, определяется по цвету и плотности.

В₁ 30-45 см. Сухой пестроокрашенный песчаный горизонт – на общем белесом фоне хорошо выделяются крупные неправильной формы ржавые пятна более плотного сложения, чем светло окрашенные участки. Наблюдаются редкие не крупные осветленные пятна оглеения. Непрочная крупнопризматическая структура. Присутствуют редкие корни растений, по ходам корней которых наблюдаются яркие примазки ржавого цвета. Граница к нижележащему горизонту постепенная по цвету.

В₂ 45 см и глубже. Сухой песчаный горизонт. От вышележащего горизонта отличается только наличием более крупных и ярких ржавых пятен. По остальным диагностическим признакам ярко выраженных отличий не наблюдается.

Разрез в **ольшанике** был заложен в плоском понижении периодически затопливаемом в половодье. Доминирующая порода – ольха, с примесью березы. В подлеске клен и рябина. Напочвенный покров не густой, представлен преимущественно осоками. Здесь сформированы дерново-подзолистые слабоподзолистые среднеспособные глееватые супесчаные почвы.

Ад 0-5 см. Сухая светло-серая дернина. Обильно пронизана корнями растений. Мелко-комковатая, сыпучая. Переход к следующему горизонту резкий по цвету и плотности.

А 5-25 см. Сухой. Светло-серого цвета. Супесчаный, непрочной мелко-призматической структуры. Уплотнен. Переход к нижнему горизонту постепенный по цвету и плотности.

АЕ 25-35 см. Увлажнен. Бледного желто-бурого цвета. Супесчаного гранулометрического состава. Плотнее предыдущего. По ходам корней затеки органического вещества. Переход к нижележащему горизонту постепенный.

В 35-52 см. Увлажнен. Основной тон окраске придают многочисленные ржавые пятна различного размера суглинистого гранулометрического

состава, на общем светло-сером почти белесом песчаном фоне. Мелкомковато-призматическая структура. Редкие корни растений. Переход к нижележащему горизонту постепенный по цвету и плотности.

BC 52 см и глубже. Влажный. Светло-серого почти белесого цвета песчаный горизонт. Более рыхлый и менее плотный, чем вышележащий.

Дубрава занимает плоскую выровненную поверхность в прирусловой части поймы р. Пра. Доминирующая порода дуб. В подросте береза, орех. Напочвенный покров редкий, редставлен осоками. В этих условиях формируются пойменные почвы.

А_д 0-7 см. Сухой рассыпчатый горизонт буро-коричневого цвета и мелкокомковатой структуры. Супесчаный, слабоуплотнен. Обильные корни растений. Переход к нижележащему горизонту резкий по плотности.

А 7-22 см. Сухой горизонт темно-бурого цвета, мелко-комковатый, легкосуглинистый, многочисленные корни растений, плотнее предыдущего. Переход к нижнему горизонту резкий по цвету и плотности.

В 22-50 см. Увлажнен. Яркой палево-желтой окраски с редкими мелкими ржавыми пятнами. Легкосуглинистый, крупнопризматической структуры. Много пустых ходов растений. Переход к нижележащему горизонту резкий по цвету и плотности.

BG 50 см и глубже. Увлажнен. Бледно-серого цвета с сизоватым оттенком, тяжелосуглинистый, легко режется лопатой на отдельные пласты, но на структурные агрегаты не распадается. Ходов корней растений нет.

3.1.2.2. Химические и физико-химические свойства почв.

Наиболее богатые органическим углеродом в Окском заповеднике являются торфяные почвы болота. Содержание углерода в торфяных горизонтах варьирует в пределах 17.7-46.0%. Реакция среды не изменяется с глубиной и является сильноокислой по всему профилю. Почва богата щелочногидролизующим азотом. Его содержание в верхнем торфяном горизонте составляет 36.54 мг/100 г, и постепенно снижается вниз по профилю до 15.54 мг/100 г самом нижнем торфяном горизонте и падает до

7.14 мг/100 г в минеральных горизонтах. Обменные катионы Са и Mg в этой почве были определены только для горизонтов минерального происхождения и составляют 1.3 и 3.8 мг-экв/100г для горизонта АТ и 2.4 и 1.1 мг-экв/100г для горизонта ВG соответственно.

Дерново-подзолистая почва осинника, который расположен на одной высоте с вышеописанным болотом, значительно беднее органическим углеродом. В этой почве своих максимальных значений – 2.07% - концентрация углерода достигает в дерновом горизонте, а в гумусово-аккумулятивном снижается до 0.71%. И постепенно падает вниз по профилю до 0.13% в иллювиальном горизонте. Аналогичная картина распределения по профилю щелочногидролизуемого азота. Максимальные концентрации в дерновом горизонте (33.46 мг/100 г) и резкое снижение в гумусово-аккумулятивном (6.16 мг/100 г) и далее вниз по профилю. В целом профиль характеризуется среднекислой реакцией среды за исключением гумусово-аккумулятивного горизонта, в котором зарегистрирована сильноокислая реакция. В иллювиальных горизонтах наблюдаются значения рН очень близкие к слабокислым, что позволяет говорить о том, что в переходных к материнской породе горизонтах и собственно материнской породе реакция среды может незначительно сдвинуться в щелочную сторону. Распределение по профилю обменных катионов Са и Mg сходно с распределением углерода и азота. Максимальные их концентрации отмечены в верхнем дерновом горизонте, причем концентрации магния в нем в 2 раза в выше, чем кальция и составляют 6.0 и 11.8 мг-экв/100 г. Так же повышенные концентрация магния по отношению к кальцию были зарегистрированы в элювиальном горизонте 1.0 и 2.3 мг-экв/100 г, соответственно. В дерново-подзолистой оглееной почве ольшаника распределение углерода по профилю не имеет выраженных отличий от всех вышеописанных почв Окского заповедника. Здесь так же наиболее высокие концентрации органического вещества отмечены в верхнем дерновом горизонте (2.57%), а при движении вниз по профилю содержание углерода постепенно снижается, достигая минимума горизонтах

переходных к материнской породе. Аналогично выглядит распределение щелочногидролизуемого азота в профиле данной почвы. Максимум содержания азота приходится на дерновый и гумусово-аккумулятивный горизонты, составляя 32.06 и 13.58 мг/100 г, а в иллювиальном горизонте происходит снижение концентрации азота. Реакция среды по всему профилю кислая, с постепенным очень слабым сдвигом в сторону слабокислой. Содержание обменных катионов так же имеет тенденции к снижению с глубиной, как и в других рассмотренных выше почвах. Причем, повышенная концентрация магния по отношению к кальцию наблюдается только в дерновом горизонте.

Таблица 13
Химические и физические свойства почв Окского заповедника

Биоценоз, почва	Горизонт	Глубина, см	C, %	N, мг/100 г	pH _{вод}	Ca ²⁺ , мг- экв/100 г	Mg ²⁺ , мг- экв/100 г	Сумма, мг- экв/100 г
Болото, торфяная низинная	T ₀	9	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
	T ₁	39	46.00	36.54	4.26	не опр.	не опр.	не опр.
	T ₂	51	17.70	19.74	4.32	не опр.	не опр.	не опр.
	A	60	0.58	7.14	4.32	1.3	3.8	5.1
	BG	>60	0.48	7.14	4.50	2.4	1.1	3.5
Осинник, дерново- подзолистая	A _д	5	2.07	33.46	4.63	6.0	11.8	17.8
	A	15	0.71	6.16	4.39	1.6	1.1	2.7
	AB	30	0.35	4.62	4.78	1.0	2.3	3.3
	B ₁	45	0.28	2.38	4.95	0.3	0.5	0.8
	B ₂	>45	0.13	3.50	4.84	0.3	не опр.	0.3
Дубрава, иллювиальная	A _д	7	3.85	44.10	4.50	8.9	26.1	35
	A	22	1.30	7.14	4.72	2.2	1.6	3.8
	B	50	0.58	5.04	4.95	3.2	не опр.	3.2
	BG	> 50	1.57	8.26	4.87	40.1	14.0	54.1
Ольшаник, дерново- подзолистая, оглеенная	A _д	5	2.57	32.06	4.68	8.7	13.9	22.6
	A	25	1.26	13.58	4.60	1.9	1.1	3.0
	AE	35	0.20	2.94	4.83	0.9	0.5	1.4
	B	52	0.13	1.82	4.74	1.3	0.5	1.8
	BC	>52	не опр.	1.26	4.84	1.9	1.1	3.0

Достаточно сильно по своим физико-химическим свойствам от всех выше описанных почв отличается дерново-аллювиальная почва, сформировавшаяся в прирусловой части поймы р. Пра под пойменной дубравой. Главным ее отличием является отсутствие тенденции к снижению концентрации большинства показателей по всему профилю. Так, не смотря на то что, максимальное содержание углерода здесь приходится на верхний дерновый горизонт (3.85%), второй пик концентраций органики регистрируется в переходном к материнской породе горизонте BG (1.57%), в то время как содержание углерода в гумусово-аккумулятивном и иллювиальном горизонтах ниже, и составляет 1.3 и 0.58%, соответственно. Аналогично распределен по профилю щелочногидролизуемый разница концентраций в дерновом и переходном горизонтах значительно существеннее и составляет 44.10 мг/100 г и 8.26 мг/100 г, соответственно. Реакция среды в дерновом горизонте сильноокислая, а уже во всех нижележащих горизонтах – кислая. Распределение обменных катионов в этой почве весьма специфично. В верхнем горизонте концентрации магния значительно преобладают над кальцием, составляя 26.1 и 8.9 мг-экв/100 г соответственно. Уже в гумусово-аккумулятивном горизонте происходит снижение содержания обменных катионов и кальций преобладает над магнием, а в иллювиальном горизонте содержание магния снижается до следовых количеств. Однако, уже в переходном к материнской породе горизонте BG наблюдается противоположная верхней части профиля картина. Концентрация кальция резко возрастает и составляет 40.1 мг-экв/100 г, а содержание магния в 2 раза ниже, чем в дерновом горизонте – 14.0 мг-экв/100 г.

Таким образом, видно, что на разных участках геохимической катены в Воронежском и Окском заповедниках сформировались различные типы почв отличающихся как по морфологическим, так и по химическим и физико-химическим свойствам.

3.2. Особенности накопления и распределения ртути в исследованных почвах

3.2.1. Ртуть в почвах Воронежского заповедника

В почвах каждого биоценоза во всех катенах содержание ртути варьирует в широком диапазоне (табл. 14). Максимальные концентрации металла зарегистрированы в верхних богатых органическим веществом горизонтах (до 0.212 мг/кг в торфяно-глеевых почвах). В горизонтах переходных к материнской породе ртуть обнаруживается в следовых количествах (0.001 мг/кг и меньше).

Таблица 14

Содержание ртути в почвах Воронежского заповедника.

Ландшафтно-географическая группа образцов	Биоценоз, почва	Горизонт, глубина, см	Hg, мг/кг
КРАСНОЛЕСНЕНСКАЯ, Расположена в юго-восточной части заповедника. Занимает IV террасу р. Воронеж, II террасу и правый берег поймы р. Усмань, с относительными высотами 130 – 150 м.	Сосняк, дерново-лесная	Ад 0 - 5	0.104
		A 5 - 17	0.009
		AE 17 - 29	0.003
		B 29 - 64	0.003
		BC 64 и глубже	0.001
	Дубрава, светло серая лесная	A 0 - 17	0.037
		AB 17 - 37	0.005
		B 37 - 67	0.002
		BC 67 и глубже	0.002
	Осинник, светло-серая лесная	Ад 0-2	0.033
A 2-10		0.029	
B 10-18		0.004	
BC₁ 18-48		0.003	
	BC₂ 48 и глубже	0.002	
Болото, болотная низинная	T 0-4	0.102	
	A 4-14	0.023	
	G 14 и глубже	0.008	
Ольшаник, пойменная лесная	T₁ 0-20	0.045	
	T₂ 20-50	0.044	
	TG 50 и глубже	0.053	
БОЛЬШЕПРИВАЛОВСКАЯ, Расположена так же в юго-восточной части заповедника	Сосняк, дерново-лесная	Ад 0-3	0.127
		A 3-12	0.045
		AE₁ 12-31	0.004
		AE₂ 31-50	0.005
		B₁ 50-65	0.005
		B₂ 65 и глубже	0.001

на IV террасе р. Воронеж и в пойме левого берега р. Усмань, с относительными высотами 130 – 160 м.	Болото, болотная низинная	T 0-15 A 15-31 G₁ 31-41 G₂ 41 и глубже	0.094 0.008 0.003 0.003
	Дубрава светло-серая лесная	A_д 0-5 A₁ 5-15 A₂ 15-46 B 46-65 BG 65 и глубже	0.090 0.056 0.002 0.004 -
	Осинник, светло-серая лесная	O 0-5 A₁ 5-23 A₂ 23-50 B₁ 50-103 B₂ 103 и глубже	0.010 0.010 0.003 0.001 0.002
	Ольшаник	T₁ 0-15 T₂ 15-31 G 31 и глубже	0.059 0.061 0.034
РАМОНСКАЯ, Расположена в западной части заповедника и занимает II террасу и примыкающие к пойме р. Воронеж эрозионные участки. Является самой низкой в рельефном плане группой с относительными высотами 100 – 110 м.	Сосняк, дерновая лесная	A 0-17 AE 17-39 B 39-57 B₁ 57-70 B₂ 70 и глубже	0.010 0.002 0.001 0.001 0.001
	Дубрава, светло-серая лесная	A 0-15 B₁ 15-60 B₂ 60-75 BC 75 и глубже	0.035 0.003 0.002 0.002
	Ольшаник, пойменная лесная	T₁ 0-4 T₂ 4-9 T₃ 9-18 G₁ 18-29 G₂ 29 и глубже	0.184 0.212 0.050 0.006 0.003
	Осинник, светло-серая лесная	A_д 0-5 A 5-17 B 17-42 BC₁ 42-70 BC₂ 70 и глубже	0.044 0.018 0.004 0.003 0.001
	Болото, торфяная низинная	T₁ 0-10 T₂ 10-20 TG 20-36 G₁ 36-60 G₂ 60 и глубже	0.096 0.065 0.030 0.006 0.006

<p>БОРСКАЯ, Расположена в центральной части заповедника занимая III террасу р. Воронеж и пойму р. Ивница. Относительная высота колеблется в пределах 130 – 110 м.</p>	Осинник, серая лесная	A₁ 0-10 A₂ 10-20 B₁ 20-50 B₂ 50-60 BC 60 и глубже	0.054 0.027 0.006 0.005 0.004
	Сосняк, дерново- лесная	A_д 0-6 A 6-14 B₁ 14-25 B₂ 25-60 BC 60 и глубже	0.158 0.016 0.003 0.002 0.002
	Дубрава, серая лесная	A₁ 0-17 A₂ 17-36 AB 36-80 B 80-98 BC 98 и глубже	0.016 0.005 0.004 0.002 0.001
	Болото, торфяная низинная	T₁ 0-10 T₂ 10-15 T₃ 15-23 G₁ 23-29 G₂ 29 и глубже	0.121 0.104 0.021 0.010 0.005
	Ольшаник, пойменная лесная	T₁ 0-10 T₂ 10-20 T₃ 20-30 TG 30 и глубже	0.100 0.042 0.040 0.008
<p>УСМАНСКАЯ, Полностью расположена на самом высоком участке IV террасы р. Воронеж, в северной части заповедника. Самая высокая в рельефном плане группа с относительными высотами 150 – 160 м.</p>	Дубрава, светло-серая лесная	A_д 0-4 A₁ 4-9 A₂ 9-19 AB 19-35 B 35 и глубже	0.103 0.025 0.015 0.009 0.002
	Сосняк, дерновая лесная	A_д 0-7 A 7-14 B₁ 14-41 B₂ 41-59 BC 59 и глубже	0.066 0.014 0.003 0.003 0.001
	Болото, торфяная низинная	T 0-9 A 9-21 G₁ 21-37 G₂ 37 и глубже	0.079 0.018 0.002 0.006
	Осинник, серая лесная	A 0-14 AB 14-31 B 31-53 BC 53 и глубже	0.048 0.008 0.005 0.005

В дерновом горизонте дерново-лесных песчаных почв под сосняками концентрации ртути имеют широкий диапазон значений – 0.066-0.158 мг/кг. В гумусово-аккумулятивных горизонтах содержание металла варьирует в пределах 0.009-0.045 мг/кг. В элювиальном горизонте количество ртути резко снижается до 0.005-0.002 мг/кг, а в переходном к материнской породе составляет около 0.001 мг/кг.

В светло-серых и серых лесных почвах дубняков концентрации ртути в лесных подстилках варьируют в диапазоне 0.09-0.103 мг/кг. В гумусово-аккумулятивных горизонтах содержание ртути колеблется в пределах 0.016-0.056 мг/кг. В глубже залегающих горизонтах концентрации ртути аналогичны по значениями в дерново-лесных почвах.

В светло-серых и серых лесных почвах под осинниками содержание ртути так же широко варьирует. В лесных подстилках количество ртути изменяется в диапазоне 0.010-0.044 мг/кг. В гумусово-аккумулятивном горизонте содержание металла колеблется в пределах 0.010-0.054 мг/кг. В элювиальных и переходных к материнской породе горизонта ртуть так же обнаруживаются в следовых количествах 0.005-0.001 мг/кг.

Почвы болот и пойменных ольшаников более насыщены ртутью, чем почвы элювиальных ландшафтов. В пойменных лесных почвах концентрации ртути в верхнем торфяном горизонте варьируют в диапазоне 0.10-0.045 мг/кг. В ниже залегающем горизонте T₂ количество металла составляет 0.065-0.042 мг/кг. В торфяно-глеевом горизонте опускается до 0.03-0.053 мг/кг. Минимальные концентрации обнаруживаются в бедном органикой глеевом горизонте G – 0.008-0.006 мг/кг.

В торфяных горизонтах болотных торфяных почв содержание ртути достигает максимальных значений установленных в Воронежском заповеднике и варьирует в диапазоне 0.079-0.212 мг/кг и постепенно падает вниз по профилю. В гумусово-аккумулятивных горизонтах болотных почв содержание металла составляет 0.008-0.028 мг/кг. Глеевые горизонты содержат 0.006-0.003 мг/кг ртути.

В почвах Воронежского заповедника среднее содержание валовой ртути составляет 0.028 мг/кг, что можно принимать за фоновое значение для исследуемой территории. Наиболее высокие концентрации металла зарегистрированы в почвах с наличием торфяного горизонта и приуроченных к элювиально-аккумулятивным и супераквальным ландшафтам – в пойменных лесных почвах ольшаников и торфяно-глеевых почвах болот (0.045 ± 0.008 и 0.050 ± 0.017 соответственно) (Табл. 15). Для серых лесных и дерново-лесных почв элювиальных ландшафтов, сформировавшихся под широколиственными лесами и сосняками, средняя концентрация ртути ниже, и составляет 0.018 мг/кг. В зависимости от состава лесообразующей породы среднее содержание ртути в этих почвах снижается по ряду сосняк (0.023 мг/кг) > дубняк (0.018 мг/кг) > осинник (0.014 мг/кг).

Таблица 15

Среднее содержание ртути (в числителе $X \pm m$, в знаменателе min – max; N – ниже уровня определения прибора) в почвах различных биоценозов

Биоценоз (кол-во проб)	Почвы	Hg, мг/кг
Низинное болото (21)	Торфянистые и торфяно-глеевые	0.050 ± 0.017 0.002 – 0.212
Ольшаник (15)	Пойменные лесные торфяно-глеевые	0.045 ± 0.008 0.006 – 0.100
Сосняк (26)	Дерново-лесные	0.023 ± 0.008 0.001 – 0.158
Дубняк (24)	Светло-серые лесные	0.018 ± 0.005 N – 0.103
Осинник (24)	Светло-серые и серые лесные	0.014 ± 0.003 0.001 – 0.154

Средние концентрации ртути в почвах элювиальных ландшафтов во многом обусловлены высоким содержанием металла в дерновом горизонте и лесной подстилке богатых органическим веществом, способствующим накоплению ртути. Если при расчетах средних концентраций ртути исключить эти горизонты, то распределение ртути выглядит иначе: наиболее насыщенными ртутью остаются почвы формирующиеся под осинниками (0.013 мг/кг), а далее снижение концентраций идет по ряду дубняк (0.010 мг/кг) - сосняк (0.006 мг/кг) (Табл. 16).

Дисперсионный анализ показал, что различия между средней концентрацией ртути в почвах разных геохимических ландшафтов статистически достоверны. Различные содержания ртути в почвах, сформировавшихся в элювиальных ландшафтах, но под разной древесной растительностью, статистически не достоверны.

Таблица 16

Среднее содержание ртути (в числителе $X \pm m$, в знаменателе $\min - \max$; N – ниже уровня определения прибора) в почвах различных биоценозов без учета A_d

Биоценоз (Кол-во проб)	Hg, мг/кг
Осинник (22)	0.013 ± 0.003 $0.001 - 0.045$
Дубняк (22)	0.010 ± 0.004 N – 0.056
Сосняк (22)	0.006 ± 0.002 $0.001 - 0.054$

Средние концентрации валовой ртути почвах в каждой из исследованных катен изменяются (Табл. 17). Максимальные концентрации отмечаются в почвах наиболее низко расположенной Рамонской катены, охватывающей пойму и II террасу р. Воронеж – 0.033 мг/кг. Незначительное уменьшение средних значений концентрации зарегистрированы в почвах Борской катены занимающей пойму р. Ивница и III террасу р. Воронеж – 0.032 мг/кг. В почвах, сформировавшихся на высоких террасах средняя концентрация ртути уменьшается по сравнению с концентрацией в почвах низких террас. В Краснолесненской и Большеприваловской катенах занимающих IV террасу р. Воронеж и пойму р. Усмань содержание металла составляет 0.026 и 0.027 мг/кг соответственно. Наименьшее общее содержание ртути наблюдается в полностью расположенной на IV террасе р. Воронеж и наиболее высокой в рельефном плане Усманской катене – 0.022 мг/кг. Необходимо учитывать, что в этой катене не представлены пойменные лесные почвы ольшаников в супераквальных ландшафтах, где концентрация ртути достаточно высока. Если из каждой группы исключить из расчетов ольшаники, то снижение средних значений концентраций ртути происходит

по тому же ряду с небольшим изменением средних концентраций в сторону понижения. Несмотря на разницу в содержании ртути между наиболее высокой и низкой катенах статистически достоверных различий между катенами не установлено.

Таблица 17

Среднее содержание ртути (в числителе $X_{\pm m}$, в знаменателе $\min - \max$) в почвах по разным группам разрезов

Ландшафтно-географическая группа (кол-во проб)	Hg, мг/кг
Рамонская (24)	0.033 ± 0.012 0.001 – 0.212
Борская (24)	0.032 ± 0.009 0.001 – 0.158
Большеприваловская (23)	0.027 ± 0.007 N – 0.127
Краснолесненская (20)	0.026 ± 0.007 0.001 – 0.104
Усманская (19)	0.022 ± 0.007 0.001 – 0.103

Несмотря на то, что для почв всей территории заповедника характерно снижение концентраций ртути от болотных низинных почв замкнутых понижений к серым лесным почвам дубняков, в каждой катене распределение металла между почвами разных типов разных биоценозов отличается от общей тенденции (рис. 12).

Максимальные средние концентрации ртути в торфяных и торфяно-перегнойных почвах замкнутых заболоченных понижений характерны для всех катен, кроме Большеприваловской, где наибольшее среднее значение отмечено в пойменных лесных почвах ольшаников - 0.051 мг/кг, являющееся максимальным отмеченных в почвах этого типа в Воронежском заповеднике. Снижение концентраций ртути в почвах биоценозов этой катены идет по ряду сосняк (0.031 мг/кг) – дубняк (0.030 мг/кг) – болото (0.027 мг/кг) – осинник (0.005 мг/кг). Дубняк характеризуется максимальным содержанием металла из всех групп.

В Краснолесненской катене концентрации ртути в почвах болот и ольшаников относительно близки и составляют 0.044 и 0.047 мг/кг соответственно, снижение концентраций идет по ряду сосняк (0.024 мг/кг) – осинник (0.014 мг/кг) – дубняк (0.011 мг/кг).

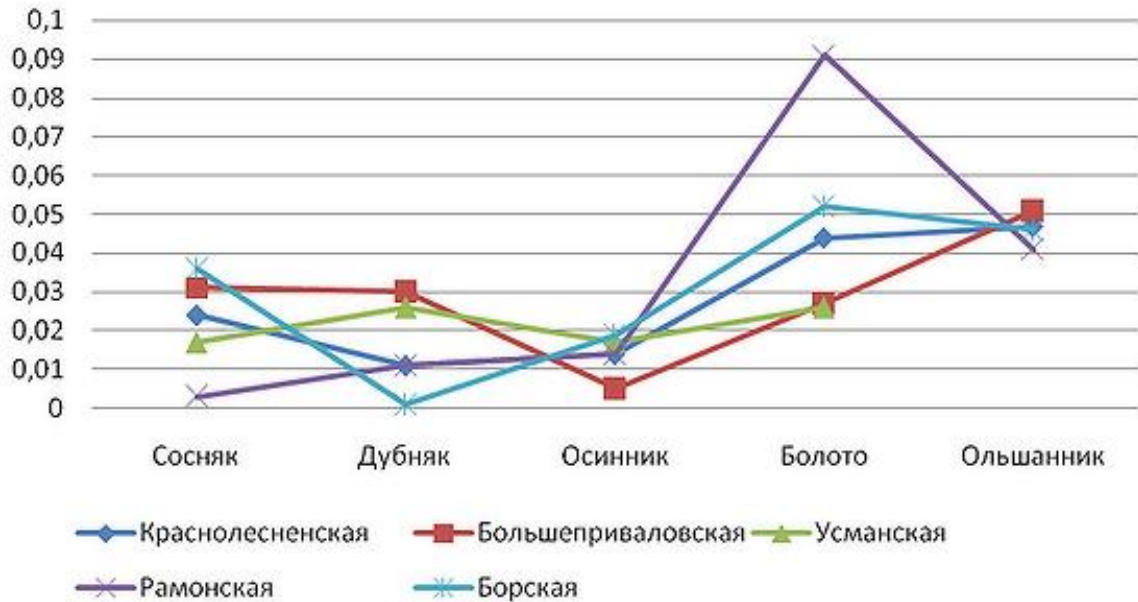


Рис. 12. Средние концентрации ртути в почвах разных биоценозов разных ландшафтно-географических групп

В Усманской катене средние концентрации ртути сильно не варьируют и заметных различий между почвами разных биоценозов не наблюдается. Здесь максимальные значения характерны для болота и дубняка (0.026 мг/кг в каждом), минимальные в почвах осинника и сосняка (0.017 мг/кг).

Наибольшее среднее значения концентрации ртути отмечаются в торфяных почвах Борской и Рамонской катен (0.052 и 0.096 мг/кг, соответственно). Снижение концентрации в Борской катене идет по ряду ольшаник (0.046 мг/кг) - сосняк (0.036 мг/кг) – осинник (0.019 мг/кг) – дубняк (0.001 мг/кг). Здесь отмечается минимальное среднее значение для почв дубняков и максимальные для почв сосняков и осинников. В Рамонской катене торфяные почвы характеризуются максимальной средней концентраций ртути. Далее снижение идет по ряду ольшаник (0.041 мг/кг) – осинник (0.017 мг/кг) – дубняк (0.011 мг/кг) – сосняк (0.003 мг/кг). Пойменные лесные почвы

ольшаников и дерново-лесные почвы сосняков имеют наименьшие концентрации ртути в почвах данного типа для всей исследуемой территории.

Для всех без исключения рассмотренных почв характерно снижение концентраций ртути с глубиной (рис. 13). Максимальным содержанием металла всегда характеризуются наиболее богатые органическим веществом горизонты – торфяные горизонты разной степени разложения растительных остатков в пойменных лесных почвах и торфяных почвах. Гумусово-аккумулятивные горизонты дерново-лесных и серых лесных почв содержат ртути меньше, чем торфяные. С глубиной для всех почв характерно снижение концентраций металла. В переходных к материнской породе и глеевых горизонтах она представлена в следовых количествах (0.001 мг/кг и

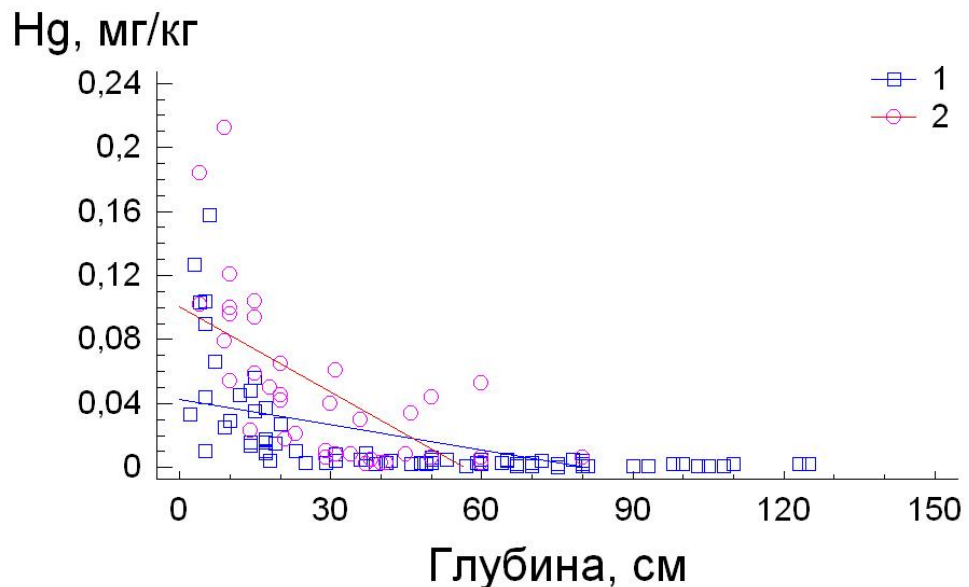


Рис. 13. Снижение концентрации ртути с глубиной в исследованных почвах (1 – Дерново-лесные и серые лесные почвы сосняков, осинников, дубняков, 2 – Пойменные лесные и болотные низинные почвы ольшаников и болот).

меньше). В большинстве рассмотренных почв мощность торфяных горизонтов достигает 30 – 40 см, превышая тем самым по мощности подстилку и гумусово-аккумулятивные горизонты почв элювиальных ландшафтов. В связи с чем, снижение концентраций ртути с глубиной в пойменных лесных и болотных почвах происходит более плавно, чем в

дерново-лесных и серых лесных. В свою очередь, мощность торфяных горизонтов в пойменных лесных почвах больше чем у торфяных горизонтов почв болот. Поэтому уменьшение концентраций ртути с глубиной в почвах под ольшаниками происходит более плавно.

Статистически достоверная положительная связь между количеством органического углерода и концентрациями ртути установлена для всех исследованных почв (табл. 18). Наиболее достоверная связь обнаруживается в насыщенных органическим веществом торфяных почвах ($r = 0.93$; $p = 0.00$). В светло-серых лесных и серых лесных почвах осинников связь менее достоверна ($r = 0.82$; $p = 0.00$). В дерново-лесных почвах сосняков и серых лесных почвах дубняков коэффициент корреляции снижается до 0.77 ($p = 0.00$). Наименее достоверная зависимость отмечается в пойменных лесных почвах ольшаников ($r = 0.70$; $p = 0.00$), не смотря на то, что они, как и болота характеризуются высоким содержанием углерода. Регрессионный анализ связи концентраций ртути от содержания углерода для всех почв всех биоценозов показал положительную связь ($r = 0.79$; $p = 0.00$) (рис. 14).

Статистически достоверные положительные связи установлены между ртутью и щелочногидролизуемым азотом в почвах всех рассмотренных биоценозов (табл. 18). Однако, они претерпевают изменения по сравнению с углеродом. Достоверная зависимость установлена в дерново-лесных и серых лесных почвах сосняков и дубняков, где коэффициент корреляции составляет 0.89 и 0.88 соответственно ($p = 0.00$). Далее его значение снижается по ряду ольшаник ($r = 0.82$; $p = 0.00$) – осинник ($r = 0.77$; $p = 0.00$) – болото ($r = 0.62$; $p = 0.03$). Регрессионный анализ связи ртути и щелочногидролизуемого азота для всех почв всех биоценозов так же показал положительную связь ($r = 0.78$; $p = 0.00$) (рис. 15).

Связь ртути и обменных катионов кальция и магния выглядит иначе, чем с углеродом и азотом (табл. 19). Статистически достоверная связь с катионом кальция обнаруживается в почвах всех

Связь содержания ртути, органического углерода и щелочногидролизуемого азота в почвах сформировавшихся под разной растительностью.

С			N		
Биоценоз	Коэфф. корреляции (r)	Уровень значимости ($p \leq$)	Биоценоз	Коэфф. корреляции (r)	Уровень значимости ($p \leq$)
Болото	0.93	0.00	Сосняк	0.89	0.00
Осинник	0.82	0.00	Дубняк	0.88	0.00
Дубняк	0.77	0.00	Ольшаник	0.82	0.00
Сосняк	0.77	0.00	Осинник	0.77	0.00
Ольшаник	0.70	0.00	Болото	0.62	0.03

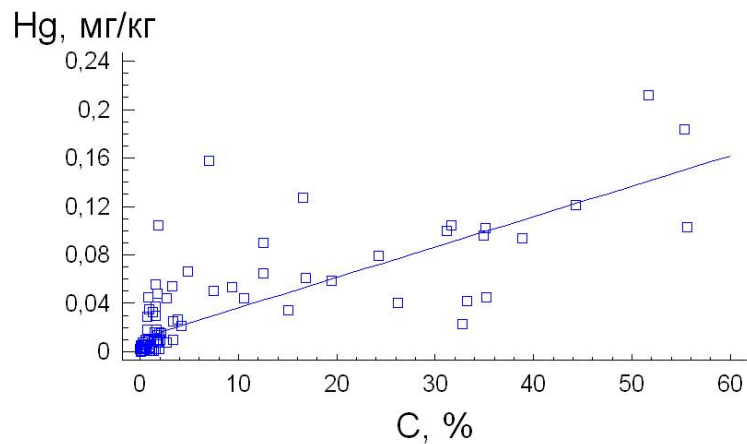


Рис. 14. Связь концентрации ртути и количества органического углерода в почвах Воронежского заповедника.

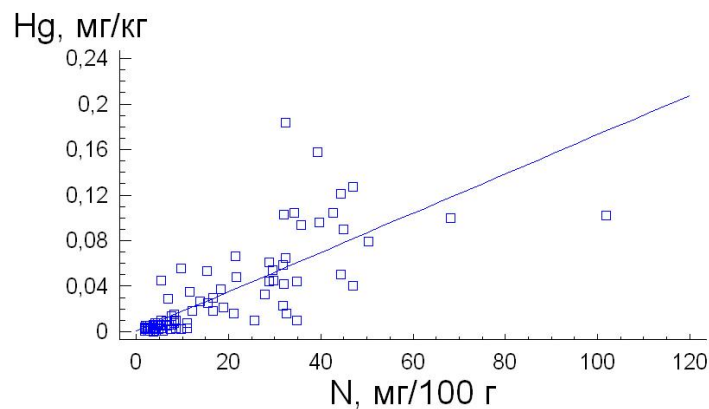


Рис. 15. Связь концентрации ртути и щелочногидролизуемого азота в исследованных почвах Воронежского заповедника.

Биоценозов, за исключением пойменных лесных почв ольшаников. Наиболее она выражена в дерново-лесных почвах сосняков и торфяных почвах болот, где коэффициент корреляции составляет 0.77 ($p = 0.00$) и 0.66 ($p = 0.00$),

соответственно. Чуть слабее корреляционная связь в серых лесных почвах под осинниками ($r = 0.55$; $p = 0.01$). В почвах дубняков корреляционные связи очень слабы ($r = 0.40$; $p = 0.05$). Регрессионный анализ связи содержания ртути и обменного кальция во всех почвах всех биоценозов показал слабую положительную достоверную связь ($r = 0.25$; $p = 0.01$) (рис. 16).

Положительная достоверная корреляционная связь ртути с катионом магния обнаружена только в торфяных почвах болот ($r = 0.91$; $p = 0.00$) и дерново-лесных почвах сосняков ($r = 0.71$; $p = 0.00$). В пойменных лесных почвах ольшаников связь ртути и обменного магния слабая, но статистически достоверна ($r = 0.53$; $p = 0.03$). В почвах под дубравами, осинниками эта связь статистически не достоверна. Регрессионный анализ связи содержания ртути и обменного катиона магния для всех почв всех биоценозов показал слабую положительную связь ($r = 0.37$; $p = 0.00$) (Рис. 17).

Таблица 19

Связь содержания ртути и обменных катионов кальция и магния почвах сформировавшихся в разных биоценозах

Ca ²⁺			Mg ²⁺		
Биоценоз	Коэфф. корреляции (r)	Уровень значимости (p≤)	Биоценоз	Коэфф. корреляции (r)	Уровень значимости (p≤)
Сосняк	0.77	0.00	Болото	0.91	0.00
Болото	0.66	0.00	Сосняк	0.75	0.00
Осинник	0.55	0.01	Ольшаник	0.53	0.03
Дубняк	0.40	0.05	Дубняк	0.19	0.33
Ольшаник	0.32	0.31	Осинник	0.03	0.88

Слабая связь между содержанием ртути и реакцией среды установлена в дерново-лесных почвах сосняков и пойменных лесных почвах ольшаников (табл. 20). Причем под сосняками эта связь является отрицательной, а в почвах ольшаников положительной. В почвах других биоценозов эта связь не достоверна. Регрессионный анализ зависимости ртути от реакции среды для всех почв всех биоценозов показал слабую отрицательную связь ($r = -0.19$; $p = 0.03$) (рис. 18).

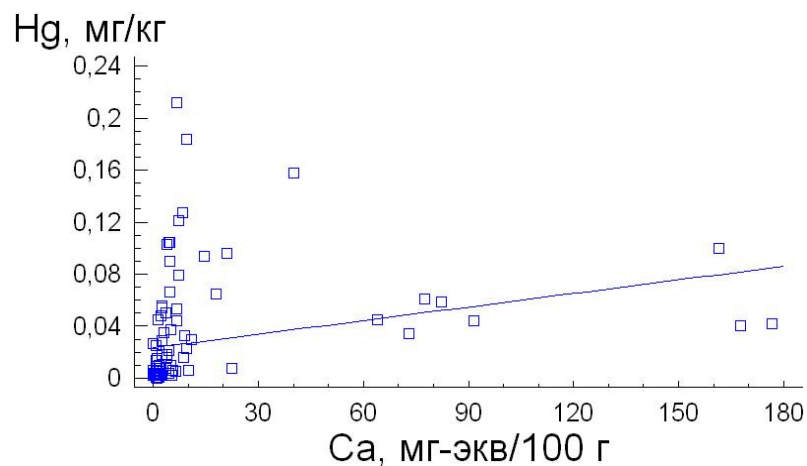


Рис. 16. Связь содержания ртути и обменного кальция в почвах Воронежского заповедника.

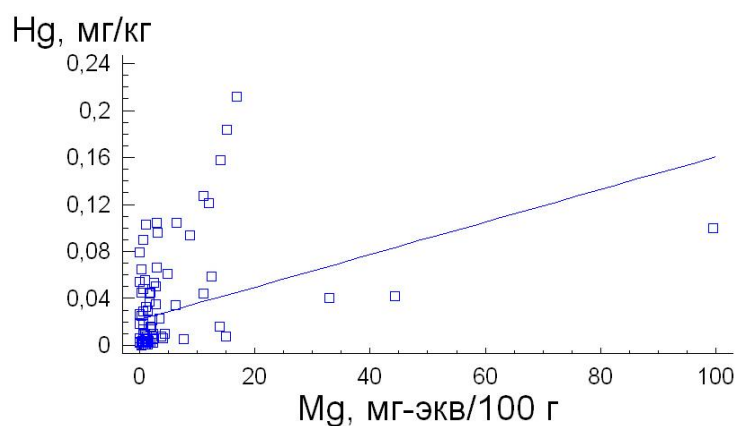


Рис. 17. Связь содержания ртути и обменного магния в почвах Воронежского заповедника.

Таблица 20

Связь содержания ртути и реакции среды почв сформировавшихся под разной растительностью.

Биоценоз	Коэфф. корреляции (r)	Уровень значимости (p≤)
Сосняк	-0.44	0.02
Ольшаник	0.45	0.04
Дубняк	-0.35	0.07
Болото	-0.18	0.38
Осинник	-0.07	0.70

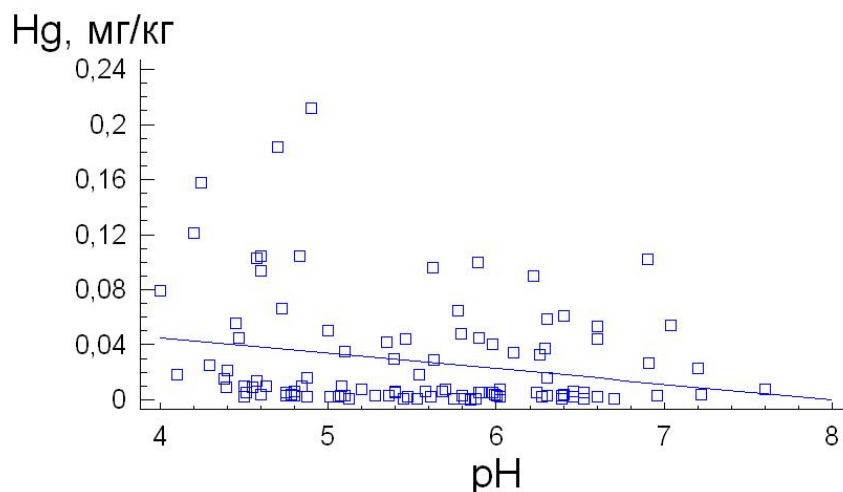


Рис. 18. Связь концентрации ртути и реакции среды в почвах Воронежского заповедника.

Методом пошаговой множественной регрессии получены уравнения зависимости содержания ртути от химического состава почв различных биоценозов и в почвах катен.

Для дерново-лесных почв сосняков определяющими факторами являются азот и обменные катионы кальция и магния:

$$Hg = -0.00353852 + 0.00319428 * N + 0.00377078 * Ca - 0.00819952 * Mg$$

$$R^2 = 95.4 \% ; p = 0.00 \quad (1)$$

Доля азота как фактора вариации составляет 75.6 %, обменного кальция 7.5 %, а обменного магния 11.7%.

Для светло-серых лесных и серых лесных почв, сформировавшихся под дубовыми лесами определяющими факторами являются углерод и азот:

$$Hg = -0.000281955 + 0.00172845 * N + 0.00086947 * C$$

$$R^2 = 84.2 \% ; p = 0.00 \quad (2)$$

Доля азота как фактора вариации составляет 76.2 %, а углерода 6%.

Для светло-серых лесных и серых лесных почв, сформировавшихся в осинниках определяющими факторами служат углерод и катионы кальция:

$$Hg = -0.00218024 + 0.0126721 * C + 0.00204086 * Ca$$

$$R^2 = 70.3 \% ; p = 0.00 \quad (3)$$

Доля углерода как фактора вариации составляет 65.2%, а обменного кальция всего 5.1%

Для пойменных лесных почв ольшаников определяющими факторами являются содержание щелочногидролизуемого азота и содержание кальция:

$$Hg = 0.00279788 + 0.00215697*N - 0.00028063*Ca$$

$$R^2 = 82.5\% \quad p=0.00 \quad (4)$$

При этом, вклад азота, как фактора вариации содержания ртути составляет 65 %, а кальция – 17.5%.

В торфяных почвах болот в качестве определяющих параметров выступают органический углерод и реакция среды.

$$Hg = 0.0622443 + 0.00251184*C - 0.0108584*pH$$

$$R^2 = 87.7\% \quad p = 0.00 \quad (5)$$

При этом, вклад углерода, как фактора вариации содержания ртути составляет 84.1%, а pH всего 3.6%.

Проведенный пошаговый регрессионный анализ для почв биоценозов всех катен показал, что определяющими факторами служат углерод, азот, реакция среды и обменный кальций:

$$Hg = 0.0297271 + 0.00121714*C + 0.00158687*N - 0.00540615*pH -$$

$$0.000262905*Ca$$

$$R^2 = 67.5\% \quad p = 0.00 \quad (6)$$

Доля азота составляет 55.6%, углерода 6.5%, обменного кальция 4.0%, реакции среды 1.4%.

Ртуть в почвах линии учета млекопитающих.

Среднее содержание в почвах учетной линии составляет 0.026 мг/кг. Среднее содержание ртути в почвах каждого из биоценоза снижалось по ряду луг (0.047 мг/кг) – ольшаник (0.043 мг/кг) – дубняк (0.024 мг/кг) – осинник (0.008) – суборь (0.005).

Корреляционный анализ зависимости содержания ртути в почвах всех горизонтов всех биоценозов от химических показателей выявил положительные достоверные связи с углеродом, щелочногидролизуемым

азотом, катионами кальция и магния. С реакцией среды статистически значимых связей не установлено (табл. 21).

Таблица 21

Корреляционные связи содержания ртути и химических показателей почв линии учета млекопитающих.

Показатель, (кол-во проб)	Коэффициент корреляции (r)	Уровень значимости (p)
Углерод, % (23)	0.56	0.00
Азот, мг/100г (20)	0.56	0.00
Кальций, мг-экв/100г (25)	0.53	0.01
Магний, мг-экв/100г (25)	0.46	0.02
pH (25)	0.21	0.30

3.2.2. Ртуть в почвах Окского заповедника.

Среднее содержание ртути в обследованных почвах Окского заповедника составляет 0.021 мг/кг (рис. 19). Так как мы рассматриваем катену в Окском заповеднике в сравнении с Воронежским, можно говорить о том, что концентрации ртути в почвах здесь минимальны, и по своим значениям приближаются к почвам Усманской катены Воронежского заповедника (рис. 20).

В верхних горизонтах торфяных низинных почв Окского заповедника зарегистрированы наибольшие концентрации ртути (0.061 мг/кг). Далее снижение концентраций в верхних горизонтах идет по ряду дубняк (0.048 мг/кг) - ольшаник (0.042 мг/кг) - осинник (0.022 мг/кг). Снижение средних концентраций металла так же происходит по этому ряду (табл. 22).

Для почв Окского заповедника так же как и в Воронежском заповеднике характерно снижение концентрации ртути вниз по профилю (табл. 23). Во всех почвах отмечается резкое уменьшение содержания металла в иллювиальных горизонтах и ниже. В тоже время в аллювиальных тяжелосуглинистых почвах дубняка содержание ртути с глубиной снижается постепенно.

В почвах Окского заповедника установлена достоверная положительная корреляция между количеством углерода и ртутью (табл. 24). Причем в

болотных почвах и почвах ольшаника коэффициент корреляции составляет 0.99 при

Таблица 22

Среднее содержание ртути (в числителе $X \pm m$, в знаменателе $\min - \max$; N – ниже уровня определения прибора) в почвах различных биоценозов Окского заповедника.

Биоценоз	Hg, мг/кг
Болото	0.032 ± 0.01 0.002 – 0.061
Дубняк	0.03 ± 0.007 0.018 – 0.048
Ольшаник	0.014 ± 0.008 N – 0.042
Осинник	0.01 ± 0.007 0.002 – 0.022

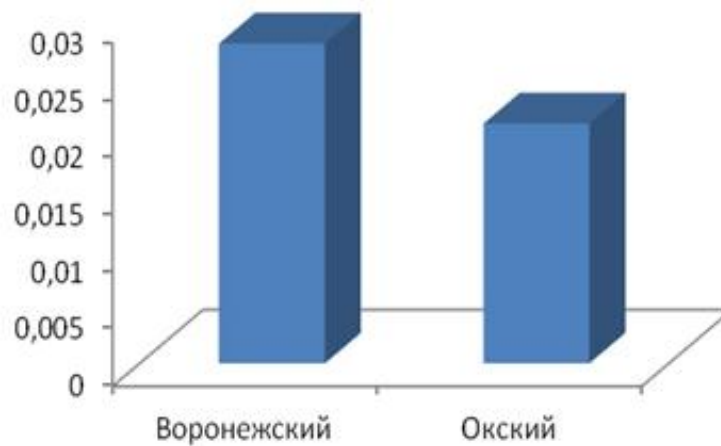


Рис 19. Сравнение средних концентраций ртути в Воронежском и Окском заповедниках.

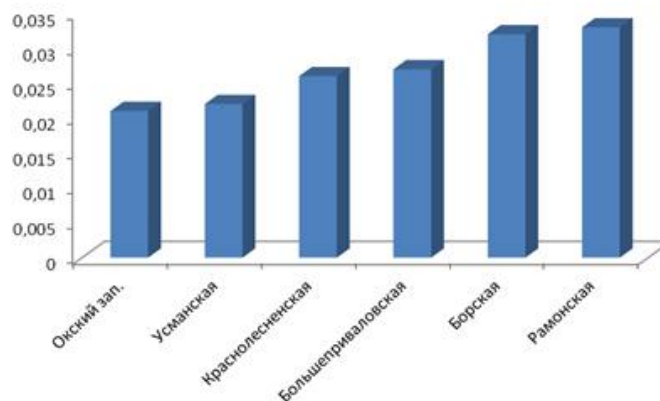


Рис. 20. Сравнение средних концентраций ртути в почвах катен Воронежского заповедника с Окским заповедником.

Таблица 23

Содержание ртути в почвах Окского заповедника (N - ниже уровня определения прибора)

Биоценоз, почва	Горизонт, глубина, см	Hg, мг/кг
Болото, торфяная низинная	T₀ 0-9	0.042
	T₁ 9-39	0.058
	T₂ 39-51	0.027
	A 51-60	0.003
	BG 60 и глубже	0.002
Осинник, дерново- подзолистая	A_д 0-5	0.022
	A 5-15	0.010
	AB 15-30	0.011
	B₁ 30-45	0.004
	B₂ 45 и глубже	0.002
Дубрава, аллювиальная	A_д 0-7	0.048
	A 7-22	0.020
	B 22-50	0.032
	BG 50 и глубже	0.018
Ольшаник, дерново- подзолистая, оглеенная	A_д 0-5	0.042
	A 5-25	0.021
	AE 25-35	0.005
	B 35-52	0.003
	BC 52 и глубже	N

нулевом уровне значимости. Более слабая связь отмечена в почвах осинника – $r = 0.94$; $p = 0.02$. Для почв дубняка такая зависимость оказалась статистически не достоверная. Для всех почв Окского заповедника установлена достоверная связь ртути и органического углерода ($r = 0.75$; $p = 0.00$).

Таблица 24

Связь концентрации ртути от углерода в почвах Окского заповедника

Биоценоз	Коэффициент корреляции (r)	Уровень значимости (p).
Болото	0.99	0.00
Ольшаник	0.99	0.00
Осинник	0.94	0.02
Дубняк	0.72	0.28

Достоверная связь установлена между содержанием ртути и щелочногидролизующим азотом в почвах, сформировавшихся в ольшанике (r

= 0.99; $p = 0.00$). В почвах дубравы и осинника эта связь статистически не достоверна. При анализе исследованных типов почв установлена достоверная положительная связь содержания ртути и щелочногидролизуемого азота ($r = 0.88$; $p = 0.00$).

Статистически достоверная связь содержания ртути с обменным катионом магния установлена для почв осинника ($r = 0.94$; $p = 0.02$) и ольшаника ($r = 0.89$; $p = 0.04$). Для всех почв Окского заповедника зависимость содержания ртути от обменного магния статистически достоверна ($r = 0.75$; $p = 0.00$). Между обменным катионом кальция и концентрациями ртути статистически достоверная зависимость установлена для почв под осинником и ольшаником. Для всех почв эта зависимость не достоверна ($r = 0.29$; $p = 0.27$).

Слабая отрицательная связь концентрации ртути и реакцией среды достоверно установлена только для торфяных почв болота ($r = -0.81$; $p = 0.01$). Для почв других биоценозов она статистически не достоверна. Для всех исследованных почв установлена слабая отрицательная связь ($r = -0.50$; $p = 0.03$).

Методом пошаговой множественной регрессии получены уравнения зависимости содержания ртути от химического состава всех исследованных почв Окского заповедника:

$$\text{Hg} = 0.00430559 + 0.0123764 * \text{C}$$

$$R^2 = 0.78; p = 0.00 \quad (8)$$

Доля углерода, как фактора вариации составляет 78%.

3.2.3. Оценка количества ртути в профиле почв Воронежского заповедника.

Имеющиеся данные о плотности почв Усманского бора, общей площади каждого из рассматриваемых в работе биоценозов на территории заповедника и полученные в настоящем исследовании результаты концентраций ртути позволяют провести оценку количества металла в разных типах почв и в различных биоценозах.

Для каждого типа рассмотренных нами почв характерна различная плотность [71]. Наиболее высокая плотность наблюдается в дерново-лесных, светло-серых лесных и серых лесных почв элювиальных ландшафтов, составляя в среднем 1.36 г/см^3 . Меньшей плотностью характеризуются пойменные лесные почвы – 1.25 г/см^3 . Плотность торфяных почв болот составляет 1.07 г/см^3 .

Наиболее распространенные на территории Воронежского заповедника сосновые леса занимают $10\,027.7 \text{ га}$ [82]. Широколиственные леса с преобладанием дуба (дубняки) занимают меньшую площадь – $9\,008.2 \text{ га}$. Осинники – $5\,989.5 \text{ га}$, ольшаники – $1\,607.7 \text{ га}$. Минимальную площадь занимают болота 665 га .

Определение содержания ртути на гектар проводилось для глубины 0-20 см, в котором наблюдаются наиболее высокие концентрации ртути во всех рассмотренных нами почвах и для глубины 20-50 см, отличающимся меньшими концентрациями металла для почв заповедника.

Среди почв элювиальных ландшафтов наибольшее количество ртути на один гектар в верхних 20 см профиля предположительно установлено в дерново-лесных почвах сосняков – 150.14 г/га (рис. 21). Меньшее содержание металла определено в светло-серых и серых лесных почвах дубняков – 113.70 г/га . Минимальным количеством металла характеризуются серые лесные и светло-серые лесные почвы осинников – 87.58 г/га . В пойменных лесных почвах супераквальных ландшафтов в верхней части профиля оценочное содержание ртути выше – 124.25 г/га . Наиболее насыщенными ртутью являются торфяные почвы, приуроченные к элювиально-аккумулятивным ландшафтам, концентрация металла в которых, по оценкам составляет 200.15 г/га .

На глубине 20-50 см распределение ртути на гектар биоценоза выглядит иначе. Среди почв элювиальных ландшафтов минимальные концентрации определены для почв сосняков – 7.07 г/га . Больше содержание металла наблюдается в почвах дубняков и осинников – 11.97 г/га и 13.06 г/га ,

соответственно. В глеевых горизонтах торфяных почв содержание ртути незначительно выше, чем в почвах под осинниками и составляет 14.22 г/га. Наибольшие концентрации металла наблюдаются в пойменных лесных почвах ольшаников – 49.22 г/га.

Концентрации металла на гектар в верхних 20 см почвы каждой из катен отличается незначительно (рис. 22). Наименьшее содержание металла определено в Усманской и Краснолесненской катенах – 123.60 г/га и 120.55 г/га соответственно. Далее увеличение содержания металла идет по ряду: Рамонская (142.25 г/га) > Большеприваловская (143.52 г/га) > Борская (146.1 г/га).

Для глубины 20-50 см максимальные концентрации рассчитаны для почв Краснолесненской катены – 28.88 г/га. Меньшие концентрации определены в почвах Большеприваловской катены – 20.43 г/га. В почвах Усманской и Борской катен концентрации приблизительно равны и составляют 13.42 г/га и 15.10 г/га, соответственно. Минимальными концентрациями на глубине 20-50 см характеризуются почвы наиболее низкой Рамонской катены – 9.46 г/га.

Исходя из площади биоценозов на территории Воронежского заповедника была сделана оценка содержания ртути в почвах каждого из них. Содержание ртути на глубину 0-20 см в почвах всех исследуемых биоценозов возрастает пропорционально площади занимаемой ими (табл. 25).

Таблица 25

Концентрации ртути в почвах всей территории заповедника.

Биоценоз	Сосняки	Дубняки	Осинники	Ольшаники	Болота
Площадь, га	10027.7	9088.2	5989.5	1607.7	665
Hg ₀₋₂₀ , кг	1505.60	1033.33	524.56	200.42	133.10
Hg ₂₀₋₅₀ , кг	70.90	108.79	78.22	79.13	9.46

Несмотря на то, что почвы болот отличаются самыми высокими концентрациями ртути, содержание металла в верхних горизонтах для всей территории заповедника в них оказываются минимальными - 133.10 кг.

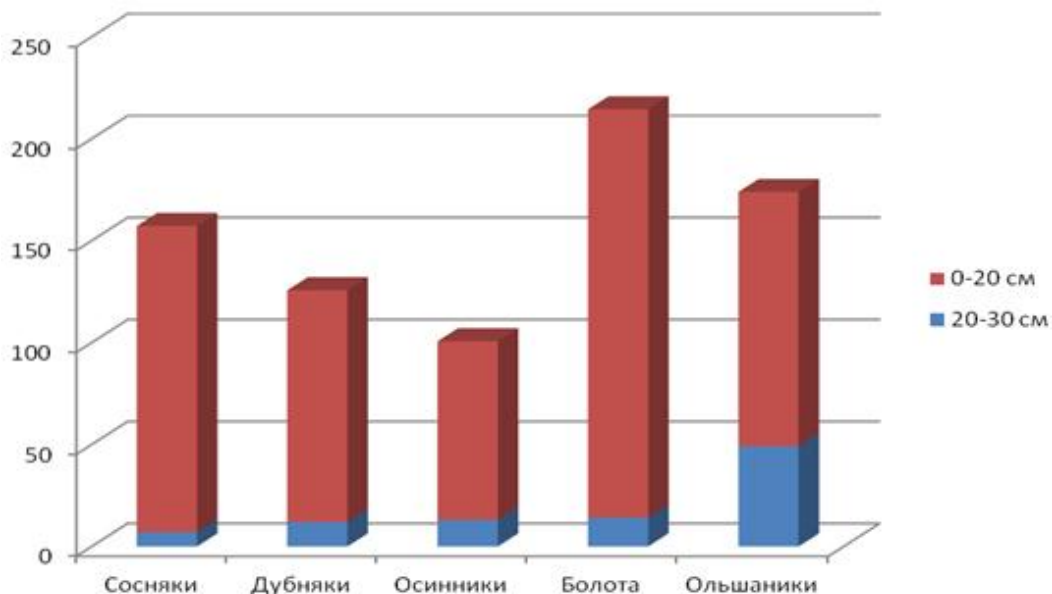


Рис. 21. Оценочное содержание ртути (г/га) в почвах на территории Воронежского заповедника

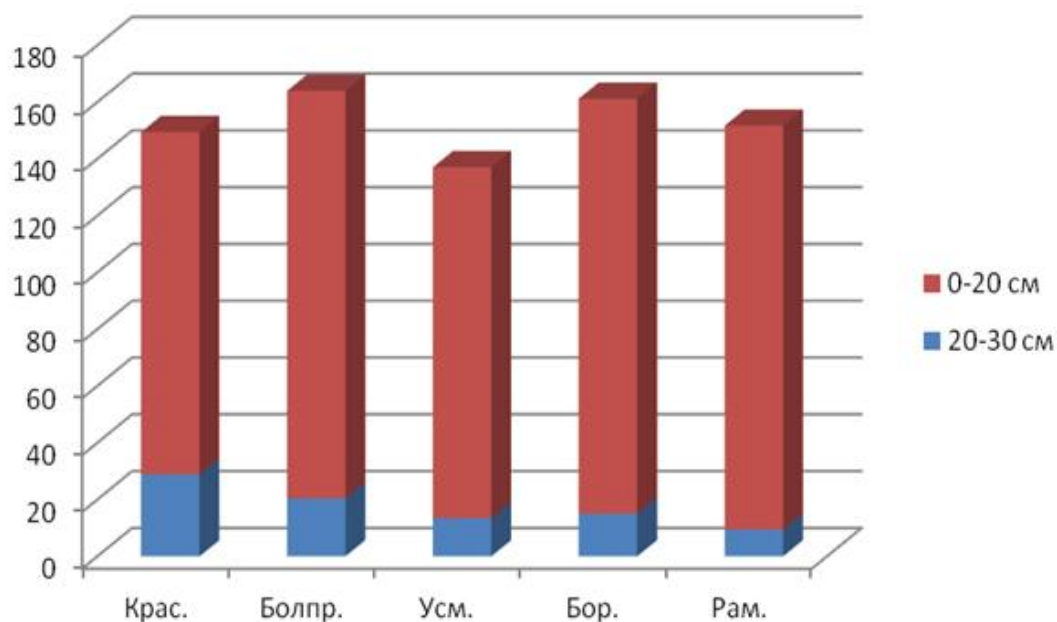


Рис. 22. Оценочные концентрации ртути (г/га) в почвах разных ландшафтно-географических групп Воронежского заповедника.

Большее количество металла установлено для всех пойменных лесных почв ольшаников и составляет 200.42 кг. Далее увеличение концентрации ртути возрастает по ряду - осинники (524.56 кг) – дубняки (1033.33 кг) –

сосняки (1505.60 кг). Исходя из расчетов, содержание ртути в почвах всех биоценозов Воронежского заповедника на глубину 0-50 см оценивается как 3743.42 кг.

3.3. содержание ртути в педобионтах

3.3.1. Концентрации ртути в дождевых червях Воронежского заповедника

Отбор червей происходил во всех биоценозах, кроме болот. Концентрации ртути в теле дождевых червей различаются между червями из разных биоценозов (табл. 25). Максимальное среднее содержание металла зарегистрировано в червях, обитающих в дерново-лесных почвах сосняков (0.632 мг/кг). Меньшие концентрации ртути установлены для червей из серых лесных почв дубняков и осинников (0.326 мг/кг и 0.211 мг/кг соответственно) и пойменных лесных почвах ольшаников (0.248 мг/кг). В пределах одного биоценоза концентрации ртути в теле червей сильно варьируют. Наибольшая разница между предельными значениями концентраций ртути отмечается в дубняке ($V=71.6\%$), наименьшая в ольшанике ($V=11.8\%$).

Таблица 26

Концентрации ртути в червях различных биоценозов Воронежского заповедника

Ценоз (число особей)	Hg _{СРЕД} , мг/кг	Пределы, мг/кг	Коэффициент вариации (V), %	Hg в верхних горизонтах почв, мг/кг
Сосняк (9)	0.632	0.262-1.063	42.7	0.104
Дубняк (14)	0.326	0.107-1.022	71.6	0.037
Ольшаник (5)	0.248	0.195-0.277	11.8	0.045
Осинник (27)	0.211	0.075-0.423	42.8	0.18-0.54

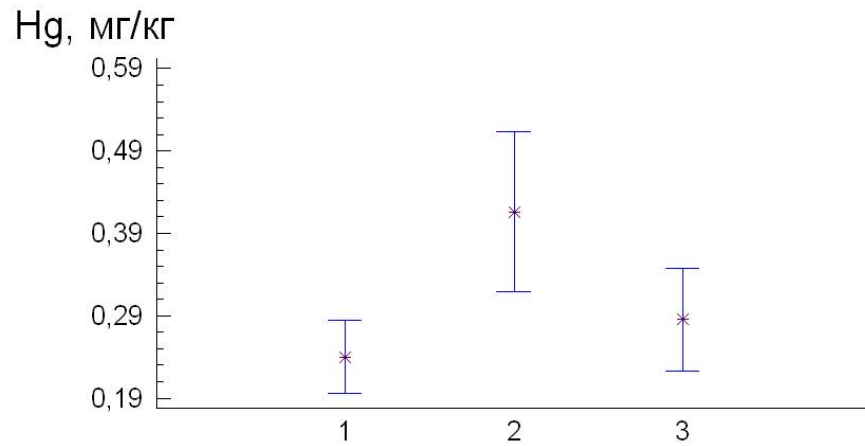


Рис. 23. Распределение ртути в частях тела червя (1 – передняя часть, 2-средняя часть, 3 – задняя часть)

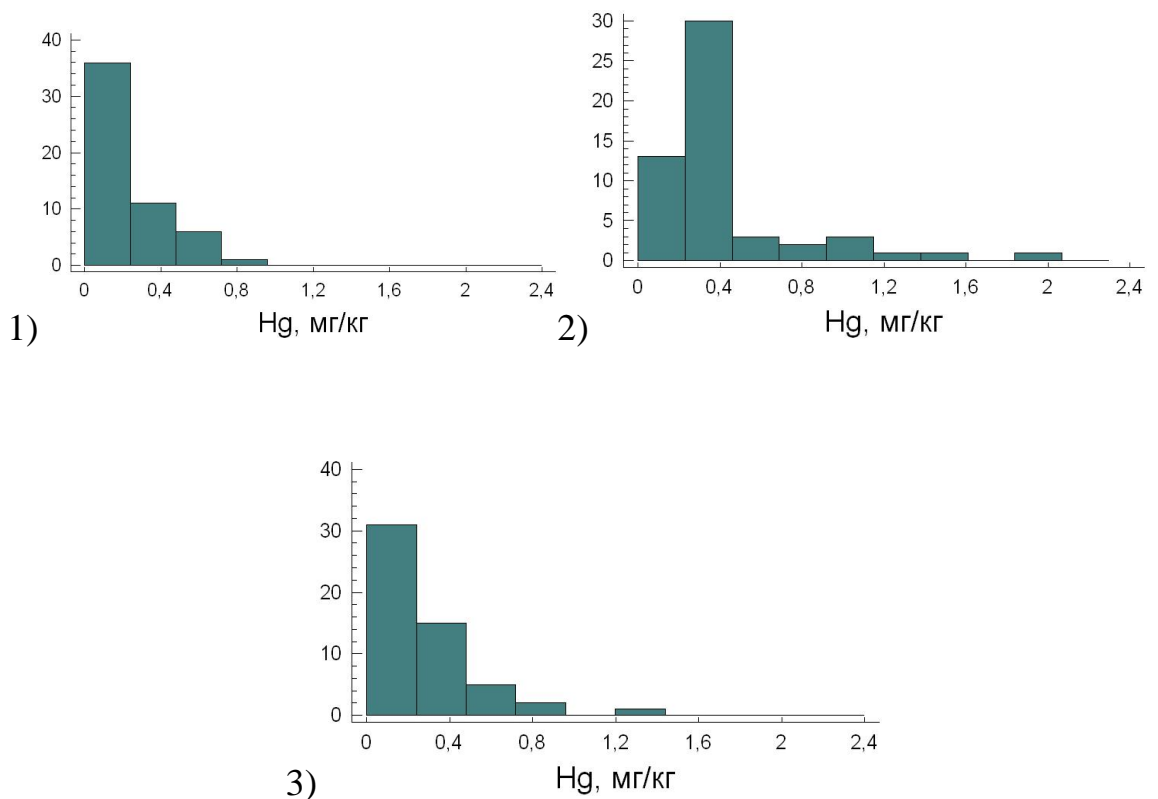


Рис. 24. Частотное распределение содержания ртути в разных частях тела червей (1 – передняя, 2 – средняя, 3 – задняя)

Установлено, что ртуть в теле червей распределена неравномерно (рис. 23 и 24). Минимальные концентрации отмечены в передней части тела (0.240 ± 0.002 мг/кг). Большие концентрации установлены для заднего конца тела (0.286 ± 0.03 мг/кг). Максимальное содержание зарегистрировано в

центральной части тела дождевых червей (0.416 ± 0.05 мг/кг). Разница в концентрациях ртути в различных частях тела червей является статистически достоверной.

Концентрации ртути в червях хорошо коррелировали с содержанием ртути в поверхностных горизонтах почв, которые включали либо дерновый горизонт, либо расположенный на поверхности гумусово-аккумулятивный, в случае отсутствия дернового (табл. 26). Наиболее сильные статистически достоверные положительные связи были зарегистрированы с передней частью тела ($r=0.56$, $p=0.00$). В средней и задней частях эти связи оказались менее прочны ($r=0.53$, $p=0.00$ и $r=0.45$, $p=0.00$ соответственно). В гумусово-аккумулятивных горизонтах, независимо от того являются ли они поверхностными или залегают под дерновыми горизонтами или подстилкой, зарегистрирована отрицательная статистически достоверная зависимость между содержанием ртути и концентрациями металла в организме червей. Наиболее значимая корреляция, как и в поверхностных горизонтах, была выявлена с передней частью тела червя ($r=-0.48$, $p=0.00$). В средней и задней частях зарегистрированы более слабые связи ($r=0.39$, $p=0.00$ и $r=-0.35$, $p=0.00$).

Таблица 27

Связь концентраций ртути в теле червей с ее содержанием в горизонтах почв (r – коэффициент корреляции; R^2 – коэффициент детерминации, %; p – уровень значимости; n – объем выборки)

Показатель	Статистические параметры	Часть тела червя		
		Передняя	Средняя	Задняя
Hg в поверхностном горизонте, мг/кг	r	0.65	0.53	0.45
	R^2	42.79	28.26	26.16
	p	0.00	0.00	0.00
	n	54	54	54
Hg в гумусово-аккумулятивном горизонте, мг/кг	r	-0.48	-0.39	-0.35
	R^2	23.51	15.17	12.23
	p	0.00	0.00	0.01
	n	54	54	54

3.3.2. Концентрации ртути в мелких млекопитающих Воронежского заповедника.

Среднее содержание ртути во всех органах минимальным было у рыжей полевки (0.03 ± 0.004), а максимальным у обыкновенной бурозубки (0.270 ± 0.03 мг/кг). Меньшие концентрации металла обнаруживаются в малой бурозубке (0.126 ± 0.01 мг/кг). Средние концентрации по каждому из органов в отдельности повторяют эту закономерность (табл. 27). Разница в уровнях содержания ртути в мышцах разных млекопитающих выражена меньше, чем в печени и, особенно, в почках. В целом у полевки содержание ртути в печени не отличалось статистически значимо у животных выловленных в разных биоценозах, в то время как концентрации в мышцах и почках у особей из субори в разы превосходили значения у других полевок.

Таблица 28

Содержание ртути в млекопитающих из различных биоценозов

	Суборь	Осинник	Дубрава	Ольшаник	Луг
Рыжая полевка					
Мышцы	0.020 ± 0.004	0.009 ± 0.002	0.010 ± 0.002	0.012 ± 0.001	0.013 ± 0.003
Печень	0.026 ± 0.007	0.016 ± 0.007	0.012 ± 0.002	0.015 ± 0.001	0.016 ± 0.003
Почки	0.090 ± 0.014	0.012 ± 0.001	0.032 ± 0.007	0.027 ± 0.003	0.036 ± 0.007
Малая бурозубка					
Мышцы	0.041 ± 0.003			0.084 ± 0.025	0.123 ± 0.037
Печень	0.087 ± 0.036			0.161 ± 0.041	0.111 ± 0.022
Почки	0.067 ± 0.001			0.153 ± 0.013	0.209 ± 0.014
Обыкновенная бурозубка					
Мышцы	0.041 ± 0.009			0.369 ± 0.032	0.248 ± 0.061
Печень	0.092 ± 0.026			0.273 ± 0.032	0.262 ± 0.040
Почки	0.128 ± 0.018			0.500 ± 0.062	0.458 ± 0.073

Количество бурозубок отловленных в субори, осиннике и дубраве было значительно меньше, чем в ольшанике и на лугу. Измеренные концентрации ртути в органах и тканях бурозубок из этих биоценозов были близки, что позволило объединить показатели этих животных в одну группу. Содержание ртути у бурозубок из субори, осинника и дубравы, было значительно ниже чем у животных из ольшаника и луга. Статистические значимые различия у

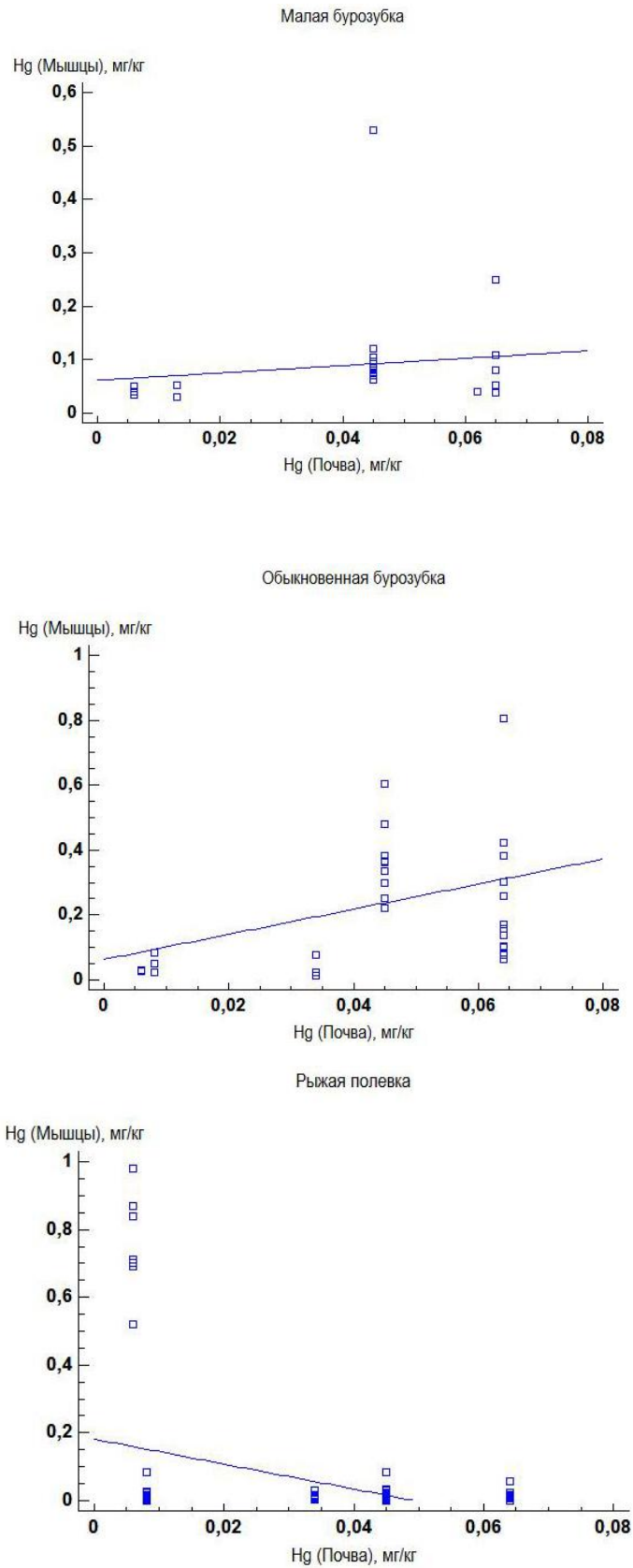


Рис. 25. Зависимость между содержанием ртути в мышцах млекопитающих и концентрацией металла в поверхностном горизонте почв

обыкновенной бурозубки установлены для всех измеренных органов и тканей, а у малой бурозубки только для почек, из-за относительно низких концентраций и высокой вариабельности этого показателя в мышцах и печени.

Для малой бурозубки не установлена статистически достоверная связь между средним содержанием ртути в органах и ртутью в поверхностном горизонте почв ($r = 0.32$; $p = 0.15$). У обыкновенной бурозубки эта зависимость статистически достоверна ($r = 0.51$; $p = 0.00$). Для рыжей полевки обнаруживается обратная зависимость между средней концентрацией в почве и средней в органах ($r = -0.42$; $p = 0.00$).

Связь между концентрацией ртути в мышцах малой бурозубки и содержанием ртути в верхнем горизонте почв статистически не достоверна ($r = 0.13$; $p = 0.5$). Для обыкновенной бурозубки такая зависимость статистически достоверна ($r = 0.4$; $p = 0.03$). Для рыжей полевки в эта связь приобретает обратный характер ($r = -0.39$; $p = 0.00$).

Для малой бурозубки достоверная зависимость между концентрациями ртути в печени и в верхнем горизонте почв не установлена ($r = 0.34$; $p = 0.12$). В печени обыкновенной бурозубки такая зависимость статистически достоверна ($r = 0.56$; $p = 0.00$). Для рыжей полевки такая зависимость статистически не достоверна ($r = -0.07$; $p = 0.37$).

Зависимость содержания ртути в почках малой бурозубки и концентрациями ртути в почве не установлена ($r = 0.23$; $p = 0.29$). Для обыкновенной бурозубки эта же зависимость статистически достоверна ($r = 0.5$; $p = 0.00$). Для рыжей полевки эта зависимость статистически не достоверна ($r = -0.15$; $p = 0.06$).

3.4. Обсуждение результатов.

Средние концентрации ртути в почвах элювиальных ландшафтов с учетом подстилки, в Воронежском заповеднике превышают установленный кларк для почв (0.01 мг/кг) в 1.2-2 раза [77]. Без учета подстилки концентрации в этих почвах приближаются, либо меньше, установленного

кларка для почв. В целом эти значения ниже, чем у подзолистых почв Канады и лесных почв Швеции и Швейцарии [41, 95]. В серых лесных почвах юга западной Сибири, подзолах и таежно лесных почвах Тюменской области наблюдаются более высокие концентрации ртути и средние концентрации металла в которых превышают кларк для почв в 2.5-6 раз. Серые лесные почвы Забайкальского края по своим средним значениям содержания ртути приближаются к рассмотренным почвам Воронежского заповедника [37]. Для черноземов Сибири, Кабардино-Балкарии и Белгородской области, в целом характерно более высокое среднее содержание ртути, чем в рассмотренных нами почвах [7, 34, 53]. В отдельных случаях ее содержание приближается к установленным нами концентрациям в дерново-лесных и серых лесных почвах [37].

Концентрации ртути приурочены к положению почвы, занимаемом в геохимической катене. Максимальные концентрации относятся к почвам занимающим трансэлювиально-аккумулятивные ландшафты и супераккумулятивные ландшафты. В то время как, минимальные концентрации приурочены к почвам элювиальных ландшафтов. В пойменных лесных и торфяных почвах Воронежского заповедника среднее содержание ртути превышает кларк для почв в 4.5-5 раз [75]. Это значительно ниже, чем в органогенных почвах Канады и торфяных почвах США, концентрация металла в которых превышает установленный кларк для почв в 20-40 раз [41]. В болотных низинных почвах западной Сибири, отмечены более низкие концентрации ртути, чем в торфяных почвах Воронежского заповедника [7]. В торфяных болотных почвах Архангельской области так же отмечено пониженное содержание металла, по отношению к почвам Воронежского заповедника – превышение кларка в среднем в 3 раза [61]. В болотных торфяных почвах Тюменской области, напротив, наблюдаются более высокие концентрации металла, чем Воронежском заповеднике, превышающие кларк в среднем в 20 раз [30].

По сравнению с другими заповедными территориями содержание ртути в почвах Воронежского заповедника достаточно низкое. Концентрации металла в исследованных почвах меньше в 10 раз, чем в подзолистых почвах Центрально-лесного заповедника [55]. Здесь максимальное содержание отмечено в лесных подстилках и превышает установленные концентрации ртути в подстилке почв Воронежского заповедника в 2.5 раза. Концентрации ртути в горизонтах переходных к почвообразующим породам в Центрально-лесном заповеднике близки к показателям, установленным в Воронежском заповеднике. Максимальные зарегистрированные концентрации ртути в болотных почвах Кандалакшского заповедника в целом соответствовали установленным значениям в Воронежском. Однако минимальное содержание металла в болотных почвах Кандалакшского заповедника выше. В почвах Хинганского, Комсомольского, Большехехцирского заповедников, расположенных на Дальнем Востоке, средняя концентрация ртути составляет 0.16 мг/кг, с пределами 0.01 – 0.31 мг/кг [124]. Для черноземов заповедника «Белогорье» Белгородской области характерны повышенные средние концентрации ртути, чем для исследованных почв воронежского заповедника [53].

Во всех рассмотренных почвах Окского заповедника содержание ртути ниже, чем в Воронежском. Максимальные концентрации в верхнем торфяном горизонте болотных почв ниже в 1.5 – 3 раза, чем в торфяных почвах Воронежского заповедника и по своим значениям близки к пойменным лесным почвам. Распределение металла по типам почв Окского заповедника аналогично его поведению в профиле почв Воронежского заповедника: максимальные концентрации отмечались в болотной низинной почве, минимальные в дерново-подзолистой песчаной почве осинников.

Такое различие в концентрациях ртути может объясняться особенностями состава органического вещества в почвах различных типов и природных зон, либо разницей в объемах поступающей из атмосферы ртути. Установленные достоверные различия между концентрациями ртути в

почвах сходных типов, но сформировавшихся в разных заповедниках, могут в первую очередь объясняться географическим расположением заповедников. Так даже минимальные значения концентрации ртути в торфяных горизонтах болотных почв Воронежского заповедника, значительно выше значений в болотных почвах Окского. Похожая тенденция наблюдается и в почвах, сформировавшихся в других биоценозах и участках геохимической катены. Вероятно, свою роль играет отдаленное расположение, относительно крупного промышленного города – Рязани, от Окского заповедника, в то время как Воронежский заповедник, расположен в непосредственной близости от двух крупных индустриальных центров – Воронежа и Липецка, влияние промышленных предприятий которых на общий геохимический фон ртути региона не вызывает сомнений. В пользу этого предположения служат данные по концентрации ртути в заповедниках Дальнего Востока, находящихся в непосредственной близости от стран азиатского региона, на долю которых приходится до 66% всей ртути поступающей в атмосферу в результате антропогенных выбросов [174, 175, 176].

Концентрации ртути во всех рассмотренных почвах Воронежского и Окского заповедников не превышают установленные ПДК для почв, как в средних значениях содержания металла для каждого типа рассмотренных почв, так и для отдельных горизонтов [57]. Максимальные концентрации (0.183 и 0.212 мг/кг) отмечены в торфяных горизонтах низинного болота Рамонской группы на порядок ниже ПДК. Концентрации металла в почвах способные оказывать негативное воздействие на биоту оцениваются как 0.13 мг/кг [98, 140]. В Воронежском заповеднике такие концентрации отмечаются в дерновых горизонтах дерново-лесных почвах сосняков Борской (0.158 мг/кг) и Большеприваловской катен (0.127 мг/кг), и в верхних торфяных горизонтах болотных почв Рамонской (0.212 мг/кг) и Борской катены (0.121 мг/кг). В Окском заповеднике таких концентраций не зарегистрировано.

Для всех почв Воронежского и Окского заповедников характерно снижение содержания металла с глубиной. Подобное распределение металла в почвенном профиле отмечается многими авторами. Установлено, что большая часть ртути в почвах аккумулируется в насыщенных органикой горизонтах, связываясь с гуминовыми кислотами. В верхней части профиля наблюдаются наиболее высокие концентрации ртути. В горизонтах переходных к материнской породе ртуть содержится в следовых количествах. Это позволяет сделать вывод о том, что практически вся поступающая в почву ртуть имеет атмосферное происхождение, а переход ее из почвообразующих пород сводится к минимуму.

Одной из причин низких концентраций ртути в дерново-лесных и серых лесных почвах Воронежского заповедника и дерново-подзолистых почвах Окского заповедника может быть гранулометрический состав почв и материнских пород. Для почв тяжелого гранулометрического состава не характерно столь резкое снижение концентраций ртути с глубиной почвенного профиля, что подтверждается рядом других исследований. В качестве примера может служить пойменная тяжелосуглинистая почва дубняка в Окском заповеднике, в которой не происходит резкого снижения концентрации металла вниз по профилю. В отдельных случаях концентрации ртути в гумусово-аккумулятивных горизонтах дерново-лесных и дерново-подзолистых почвах Воронежского и Окского заповедников ниже, чем в иллювиальном горизонте этой почвы. Вынос ртути и ее соединений в условиях промывного водного режима из профиля маловероятен, так как они характеризуются низкой растворимостью в воде [55]. Это подтверждается низким содержанием ртути в глеевых горизонтах почв болот, сформировавшихся в условиях застойного водного режима. Не исключено, что возможной причиной низких концентраций ртути в глеевых горизонтах может служить высокая водоудерживающая способность торфа, замедляющего скорость поступления воды вниз по профилю, препятствуя тем самым выносу ртути [108]. В пользу этого предположения может

служить то, что в пойменных лесных почвах глеевый горизонт является тяжело суглинистым по гранулометрическому составу, но содержит низкие концентрации металла, а как известно, достаточно большая масса ртути аккумулируется помимо органических соединений тонкодисперсной фракцией [34]. По этой причине в песчаных и супесчаных почвах Воронежского и Окского заповедников не наблюдается плавного снижения концентраций ртути вниз по профилю, такой как в тяжелосуглинистых черноземах западной Сибири и Белгородской области. В то время как в суглинистых пойменных почвах Окского заповедника, в которых отсутствует торфяной горизонт, содержание металла выше, и даже превышает концентрацию в черноземах. Высокие же концентрации ртути в дерновых горизонтах дерново-лесных почв сосняков могут быть объяснены тем, что процессы разложения опада хвойных деревьев лучше способствуют аккумуляции и связыванию ртути, чем при деструкции опада широколиственных лесов.

Территория Воронежского заповедника весьма компактна. В связи с этим расстояние между крайними точками наиболее удаленных друг от друга катен не превышало 20 км. Отсутствие статистически достоверных различий в содержании ртути в почвах между катенами позволяет предположить, что поступление ртути на территорию заповедника равномерно. Однако, наблюдается различие по средним концентрациям ртути в катенах расположенных на разных высотах. В катене занимающей пойму и II террасу р. Воронеж отмечены большие концентрации ртути, чем занимающих IV террасу р. Воронеж, расположенную на 60 м выше. Не смотря на то, что статистически зависимость не достоверна, можно допустить, что если перепад высот был бы более резким, то разница в концентрациях между низкими и высокими катенами была бы статистически значима. Из вышесказанного можно сделать вывод, что для компактных территорий с промывным водным режимом мезорельеф не оказывает какого либо значимого влияния на концентрацию ртути.

Статистически достоверных различий между почвами элювиальных ландшафтов в зависимости от их положения в рельефе обнаружено не было. Так же не была установлена эта зависимость для пойменных лесных почв супераквальных ландшафтов, что вероятно связано, с тем, что поймы рек расположены практически на одной высоте. Достоверная связь между концентрациями ртути и высотой рельефа установлена только для болотных торфяных почв трансаккумулятивно-элювиальных ландшафтов. Однако причиной различной концентрации ртути в этих почвах может быть растительный состав торфа, а следовательно, неодинаковый состав органических веществ. К сожалению, результатов аналогичных исследований в литературе нами найдено не было.

Связь между содержанием органического углерода и концентрацией ртути в почвах установлена многими авторами [11, 123, 151, 153]. В настоящем исследовании высокие концентрации металла зарегистрированы в наиболее богатых органическим веществом почвах – пойменных лесных и болотных торфяных почвах, а так же в насыщенном органическим углеродом дерновом горизонте дерново-лесных почв. Установленные нами в почвах каждого биоценоза положительные корреляционные связи между содержанием углерода и концентрацией ртути подтверждают литературные данные. Наиболее прочные статистически достоверные связи были установлены для почв болот. Для пойменных лесных почв эти связи оказались наименее прочными, что косвенно может говорить о том, что в почвах этого типа определяющую роль в накоплении металла в профиле играет не только органический углерод. Возможно, высокие концентрации металла этих почвах, могут быть обусловлены и большой долей глинистых частиц. В пользу этого предположения может служить тот факт, что в пойменных тяжелосуглинистых почвах под дубравой в Окском заповеднике установленный коэффициент корреляции весьма близок по значению к пойменным лесным почвам Воронежского заповедника, 0.70 и 0.72 соответственно. Для почв элювиальных ландшафтов отличающимися от почв

болот и пойменных ольшаников более низким содержанием углерода и ртути наиболее достоверная зависимость установлена для дерново-лесных и серых лесных почв сформировавшихся под осинниками, в то время как для почв сосняков и дубняков она менее прочна. В отличие от результатов настоящего исследования, в ряде публикаций не удалось установить корреляционную связь между количеством гумуса и концентрацией ртути [37, 108, 135]. Вероятно, в силу того, что различия в содержании гумуса в исследованных почвах были существенно меньше, чем в настоящем исследовании.

Для всех рассмотренных почв Воронежского заповедника установлена положительная статистически достоверная зависимость концентрации ртути от азота. Однако, не смотря на то, что в торфяных почвах, зарегистрировано максимальное содержание азота, установленные для них связи наименее достоверны. Наиболее достоверные связи определены в дерново-лесных и серых лесных почвах сосняков и дубняков, для которых максимальные концентрации азота характерны только для верхних дерновых горизонтов или лесных подстилок. Что может объясняться специфическими для каждой из рассмотренных почв процессами разложения органического вещества.

Можно предположить, что вся ртуть зарегистрированная в почвах элювиальных ландшафтов Воронежского и Окского заповедников, отличающихся легким гранулометрическим составом по всему профилю, связана непосредственно с органическим веществом, а доля ртути сорбированная на поверхности почвенных частиц минимальна. В пользу этого предположения может служить то, что в горизонтах переходных к материнской породе обнаруживаются следовые количества металла, по сравнению с гумусово-аккумулятивными горизонтами этих почв. Как отмечалось выше, в почвах с тяжелым гранулометрическим составом концентрация металла не претерпевает таких резких изменений вниз по профилю. То есть помимо связанной с органикой ртути, в этих почвах присутствует ртуть сорбированная глинистыми частицами. Это можно проследить на примере пойменной почвы под дубовым лесом в Окском

заповеднике. Постепенное снижение содержания ртути вниз по профилю зарегистрировано в целинных черноземах Белгородской области [53]. Возможно, именно по этой причине при исследовании черноземов Забайкалья авторам не удалось установить, положительных корреляций между концентрацией ртути с содержанием гумуса в гумусово-аккумулятивных горизонтах почв [37].

Биогеохимическое накопление ртути в дерново-лесных почвах сосняков всех катен согласно уравнению (1) линейно-положительно сопряжено с содержанием щелочногидролизуемого азота и обменным кальцием и отрицательно с распределением в профиле почв обменного магния. Наибольший вклад в детерминацию вносит азот, доля обменных катионов в 10 раз меньше. В светло-серых и серых лесных почвах под дубовыми лесами, согласно уравнению (2) концентрация ртути положительно связана с щелочногидролизуемым азотом и углеродом. Причем, вклад азота значительно выше, чем углерода. В светло-серых лесных почвах под осинниками основными факторами, оказывающими положительное влияние, согласно (3) на содержание ртути служат углерод и обменный кальций, с сильным преобладанием углерода как фактора детерминации. В пойменных лесных почвах ольшаников концентрация ртути положительно сопряжена с содержанием азота и отрицательно с содержанием обменного кальция (4). В болотных почвах, согласно (5) содержание ртути положительно связано с концентрацией углерода и отрицательно с реакцией среды.

В почвенном покрове всей территории Воронежского заповедника наиболее значимое положительное влияние на биогеохимию ртути согласно (6) оказывает щелочногидролизуемый азот. Доля углерода, так же оказывающего положительное влияние, для всех рассмотренных почв незначительна. Обменный кальций и реакция среды оказывают минимальное отрицательное влияние на концентрацию металла в почвах

Не смотря на полученные в настоящем исследовании результаты, влияние кислой реакции среды в почвах может быть достаточно высоким,

что косвенно подтверждается и другими исследованиями [96]. Эти данные согласовываются с установленной ранее зависимостью между кислотной реакцией среды и концентрациями ртути для озер севера Русской равнины.

Во всех рассмотренных почвах Окского заповедника содержание ртути положительно связано с количеством углерода (8). Причем, влияние углерода в этих в 7 раз выше чем во всех почвах Воронежского заповедника, что вероятно связано с особенностями состава органического вещества в почвах различных географических зон.

Из всего вышесказанного, можно выделить несколько основных факторов, определяющих концентрацию ртути в почвах разного типа:

1. Гранулометрический состав. Чем больше в почве преобладает илистая фракция, тем больше ртути в ней накапливается

2. Органическое вещество почв способствует накоплению ртути, которая связывается с гуминовыми кислотами. Это подтверждается высокими положительными статистически достоверными связями концентрации металла, от содержания в почве органического углерода.

3. Географическое положение, вероятно оказывает значительно влияние на поступление атмосферной ртути на почвенный покров. В пользу этого предположения свидетельствует отличие концентраций ртути в сходных по генетическому происхождению почв, в каждом из заповедников.

4. Реакция среды. Вероятно, косвенно влияет на концентрацию ртути в почвенном покрове, особенно для почв, в которых преобладают гуминовые кислоты, и кислая реакция среды.

Таким образом, можно говорить о том, что в почвах каждого типа характерны свои специфические параметры определяющие концентрацию ртути. Так для песчаных и супесчаных почв элювиальных ландшафтов определяющую роль содержания металла оказывают три показателя - органический углерод, щелочногидролизующий азот и обменные катионы. Причем органический углерод и катионы как правило выступают в роли второстепенных факторов, а доминирующее влияние оказывает

щелочногидролизуемый азот. Доминирующую роль органический углерод играет только в светло-серых лесных почвах осинников, что вероятно обусловлено спецификой состава гумусовых веществ в этих почвах. Ни в одном типе данных почв реакция среды не оказывает какого-либо существенного влияния на содержание ртути. Вероятность накопления металла мелкодисперсной фракцией минимальна. Для пойменных лесных почв ольшаников не смотря на высокое влияние азота и кальция как факторов вариации, вероятно не последнюю роль в накоплении ртути оказывают глинистые частицы. В болотных почвах доминирующая роль отдается углероду. Причем его в этих почвах его доля как фактора вариации является самой высокой для всех показателей, оказывающих доминирующую роль среди всех рассмотренных почв. Вероятно, в силу того, что болотные почвы наиболее богаты углеродом среди всех рассмотренных. Кроме того, только в этих почвах второстепенную роль играет реакция среды, что связано особенностями протекающих в них почвообразующих процессов.

Положение на элементах мезорельефа, вероятно, не оказывает статистически достоверного влияния на концентрацию ртути в почвенном покрове, в то время как положение в геохимической катене оказывает, статистически достоверное воздействие.

Анализ содержания ртути в организмах и органах различных почвенных животных позволяет проследить не только степень трофической связи того или иного вида с почвой, но и миграцию металла в пределах наземных экосистем, подверженных преимущественно атмосферному загрязнению ртутью.

Средние концентрации ртути в дождевых червях выше ее среднего содержания в органах млекопитающих - в 7-20 раз, чем в рыжей полевке и в 2-6 раз, чем в малой бурозубке. У обыкновенной бурозубки содержание металла, незначительно превышает средние концентрации у червей из ольшаника и осинника, но меньше в 1.5-2 раза, чем у червей из дубняка и сосняка. Не смотря на то, что в ольшаниках наблюдаются одни из самых

высоких концентраций ртути в почвах, содержание металла в червях из этого биоценоза – минимально. В то время как, содержание металла в червях, обитающих в почвах элювиальных ландшафтов выше. Такие результаты позволяют предположить, что ртуть в торфяных горизонтах прочно связана с продуктами разложения растительных остатков и гуминовыми органическими веществами и находится менее доступной для червей форме.

Среднее содержание ртути в дождевых червях в сосняке выше в 6 раз, чем концентрация металла в подгоризонте гумификации дернового-горизонта дерново-лесных почв сформировавшихся в этом биоценозе [45]. Максимальные отмеченные концентрации превышают установленные концентрации в почвах в 10 раз [59]. В червях дубняка средние значения содержания металла в 10 раз выше, чем его содержание в гумусово-аккумулятивном горизонте представленных там светло-серых лесостепных почв. Минимальное превышение средних концентраций в тканях червей по отношению к почве отмечается в светло-серых лесных почвах осинника и пойменных лесных почвах ольшаника и составляет 4-5 раз. Причиной таких различий помимо видоспецифичности, вероятно может служить различие различных по доступности для живых организмов соединений ртути связанных с органической и неорганической частями почв [78].

Средние концентрации ртути в теле червей в зоне 0 – 5 км источника промышленного загрязнения в Великобритании превышали отмеченные нами концентрации в несколько раз, составляя в 0.27 – 9.41 мг/кг [138]. При этом, минимальные содержания металла в них были близки к средним концентрациям ртути в червях заповедника. Однако, на удалении до 30 км от источника загрязнения концентрация ртути в червях снижались до 0.031 – 0.170 мг/кг, что меньше определенных нами значений. В лесных почвах Швейцарии средняя концентрация ртути в червях превышала установленные нами и составляла 1.04 мг/кг, что превышает установленные нами значение в 1.5 – 5 раз [95].

Ранее была установлена зависимость от видовой принадлежности червей и концентраций ртути в них, а так же от занимаемой ими экологической ниши [137]. Установлено, что черви, населяющие лесные почвы характеризуются более высокой изменчивостью в концентрациях ртути. Этим объясняется сильная вариабельность концентраций ртути в червях, обитающих в одном и том же биоценозе, так как видовой состав земляных червей в каждом из них неоднороден, а определение отловленных особей до вида нами не проводилось. Виды червей населяющих глубоко залегающие горизонты почв содержат ртути в 3, а метилртути в 6 раз меньше, чем черви, обитающие в лесных подстилках и поверхностных горизонтах.

Корреляции между концентрацией ртути в почвенных горизонтах и в дождевых червях обнаруживаются не всегда. В условиях лабораторного эксперимента статистически достоверных связей для червей рода *Eisenia* не наблюдалось [140]. В исследованиях, проведенных на территории Швейцарии статистически достоверная зависимость установлена, только для вида *Lumbrica rubellus* [95]. Установленные в настоящем исследовании положительные корреляции между содержанием ртути в теле червей и верхнем горизонте почв, и отрицательные с содержанием металла в гумусово-аккумулятивном могут свидетельствовать о том, что основная масса ртути поступает в организм червей из верхних горизонтов.

Отмеченное нами неравномерное распределение ртути в теле большинства червей ранее в литературе не упоминалось. Вероятно повышенное содержание металла в середине тела и заднем конце, по отношению к переднему концу, может объясняться наличием специфической кишечной микрофлоры, которая потенциально способна аккумулировать и метилировать ртуть [117]. В пользу этого предположения может служить тот факт, что содержание метилированной ртути по отношению валовой в теле дождевых червей для разных видов варьирует от 3 до 13%, в то время, как концентрация метилртути в почвах, где обитают эти черви, составляет до 2% от общего содержания ртути [95, 100, 138].

Накопление металла млекопитающими зависело от характера биоценоза [79]. Наибольшие концентрации ртути зарегистрированы в животных, обитающих в наиболее влажных биоценозах, в почвах которых содержатся наибольшие концентрации ртути - пойменный ольшаник и пойменный луг. Хорошо выражены зависимости в концентрациях ртути в отдельных органах: больше всего ртути содержится в почках и печени, меньше – в мышцах. Такие результаты соответствуют данным полученным в более ранних исследованиях на севере европейской части России. В полевках, обитающих в Вологодской области, близ города Череповец, концентрации ртути в стенках кишечника значительно выше у животных обитающих в ольшанике (0.042 – 0.257 мг/кг), чем из дубравы (0.055 – 0.197 мг/кг) и осинника (0.034 - 0.083 мг/кг) [12]. При исследовании бурозубок обитающих в разных биоценозах Вологодской и Новгородской областей наблюдается такая же зависимость - наиболее высокие концентрации ртути регистрируются в млекопитающих, которые обитают во влажных биотопах относящихся трансэлювиально-аккумулятивным и супераквальным геохимическим ландшафтам. У животных элювиальных ландшафтов отмечаются наименьшие концентрации металла [13]. Аналогично, распределение ртути в органах и тканях бурозубок. Количество ртути зарегистрированной в бурозубках на порядок выше, чем в полевке. Вероятно, такое различие может быть обусловлено большей интенсивностью процессов бактериального метилирования в переувлажненных биотопах.

В Рдейском заповеднике, в отличие от настоящего исследования, несмотря на несколько более высокие концентрации ртути в тканях обыкновенной бурозубки, достоверных различий по содержанию ртути в мышцах, печени и мозге у представителей двух исследованных видов не зарегистрировано [26]. Содержание металла в почках обыкновенной бурозубки статистически значимо превышало значение показателя для малой – 0.26 и 0.15 мг/кг, соответственно.

Полученные в настоящем исследовании результаты по особенностям распределения ртути в органах мелких млекопитающих совпадают с литературными данными: $Hg_{\text{почки}} > Hg_{\text{печень}} > Hg_{\text{мышцы}}$ [147, 166]. Содержание ртути во всех исследованных органах бурозубок статистически значимо превышало ее содержание в органах полевков. Полученные данные позволяют предположить, что поступление ртути в организм исследованных млекопитающих поступает с пищей преимущественно животного происхождения – основой спектра питания обыкновенной и малой бурозубки. В то время как с растительной пищей поступления ртути минимальны, о чем позволяют судить установленные уровни содержания металла в органах рыжей полевки. Различия в накоплении ртути в органах животных, обитающих в различных биоценозах, может быть связано с неоднородным содержанием органических и неорганических соединений ртути, которые имеют различную степень биоаккумуляции в компонентах исследованных территорий [172].

В целом для грызунов характерны минимальные концентрации ртути, что подтверждается и нашими данными. У большинства видов грызунов семейств хомяковых и мышинных концентрации ртути составляют тысячные доли мг/кг сухой массы [44]. В то время как у насекомоядных млекопитающих концентрации ртути на порядок выше. Исследования проведенные на территориях удаленных от природных и антропогенных источников ртути показали, что максимальные концентрации характерны для рыбоядных зверей [80]. Концентрации ртути в почках и печени у норки достигали 1.46-2.50 мг/кг. У млекопитающих населяющих те же биотопы, но отличающихся по спектру питания, накопление ртути происходило менее интенсивно – 0.12-1.73 мг/кг у обыкновенной лисицы и енотовидной собаки. Содержание ртути в мозге у всех млекопитающих значительно ниже, чем установленные экспериментально концентрации (3-5 мг/кг) при которых может проявляться визуальный и нейроповеденческий дефицит у мелких млекопитающих [102].

Установлено, что животные, населяющие сильно загрязненные ртутью биоценозы, накапливают металл так же неодинаково, как и на территориях слабо подверженных локальному влиянию ртути. Так у грызуна *Peromyscus leucopus* (белоногий хомячок) и крупной американской землеройки *Blarina brevicauda* (короткохвостой бурозубки) концентрации ртути в почках составили 0.116 и 0.388 мг/кг, соответственно [166]. В исследовании проведенном на территории заповедника Доньяна (Испания), пострадавшего в 1998 году в результате аварийного выброса илов и кислых шахтных вод пиритового рудника Аснаколлар, отмечено повышенное содержание свинца, кадмия и ртути в печени и почках большой бурой белозубки *Crocidura russula*, населяющей территорию попавшую под шахтный залив [147, 160]. Если концентрации ртути в почках и печени животных из относительно чистых, отдаленных районов составили 0.053 и 0.108 мг/кг, то у животных с биоценозов, подверженных загрязнению – 0.128 и 0.304 мг/кг.

Статистически достоверная зависимость содержания ртути в организме млекопитающих и ее концентрацией в верхних почвенных горизонтах отмечается только для обыкновенной бурозубки. Причем достоверные связи регистрируются, как для средних значений концентраций ртути во всех органах, так и по каждому органу в отдельности. Для малой бурозубки во всех органах отмечена статистически не достоверная зависимость. Вероятной причиной таких различий может служить не однородный спектр питания этих животных. Установленная в этом исследовании зависимость концентраций ртути в почвенном покрове и в дождевых червях свидетельствует о том, что ртуть поступает в них вместе с почвой, а далее поступает организм животных находящихся на более высоком трофическом уровне, в роли которых выступают бурозубки. Высокая вариабельность содержания металла в организмах мелких млекопитающих, может быть связана с различной долей червей в спектре питания. Именно этим, можно объяснить достоверные зависимости содержания металла в почвах и обыкновенной бурозубке, в спектре питания которой дождевые черви

составляют до 60% [91]. В то время как у малой бурозубки доля червей в рационе составляет всего около 5%, и как следствие незначительное поступление ртути в организм. У малой бурозубки не регистрируется статистически достоверная зависимость между содержанием ртути в органах с концентрациями металла в почвенном покрове.

Таким образом, имея максимальную биомассу, дождевые черви являются одним из важнейших компонентов экосистем и одним из важных звеньев наземной пищевой цепи, в которую так же входят и мелкие наземные млекопитающие [119]. Более высокие концентрации ртути у обыкновенной бурозубки по сравнению с малой бурозубкой и обыкновенной полевкой подтверждают ранее описанную минимальную роль растений в миграции ртути по наземным пищевым цепям.

ВЫВОДЫ

1. Содержание ртути во всех исследованных почвах значительно выше кларка для почв (0.01 мг/кг). Максимальное содержание установлено в торфяных горизонтах болотных низинных почв (до 0.212 мг/кг), минимальное содержание ртути обнаружено в переходных к материнской породе горизонтах всех рассмотренных почв.

2. Особенности биоценоза оказывают существенное влияние на содержание ртути. Наиболее высокое среднее содержание металла зарегистрировано в богатых органическим веществом торфяных почвах болот и пойменных лесных почвах ольшаников (0.045+0.008 и 0.050+0.017 мг/кг соответственно). В дерново-лесных и серых лесных почвах элювиальных ландшафтов, в зависимости от состава лесообразующей породы, среднее содержание ртути снижается по ряду: сосняки (0.023 мг/кг) > дубняки (0.018 мг/кг) > осинники (0.014 мг/кг).

3. Обнаружены тесные корреляции между содержанием металла и показателями химических и физико-химических свойств почв – содержания органического вещества в почвенном профиле, обменных Ca^{2+} и Mg^{2+} .

4. В Окском заповеднике содержание ртути в торфяных горизонтах болотной низинной почвы и пойменной почвы, приуроченных к трансаккумулятивным и супераккумулятивным геохимическим ландшафтам, в 2-3 раза меньше, чем в почвах аналогичных ландшафтов Воронежского заповедника. Содержание металла в верхних горизонтах почв элювиальных ландшафтов обоих заповедников близки. Для каждого заповедника характерны следовые содержания ртути в горизонтах переходных к материнской породе.

5. Содержание ртути зарегистрированные в организмах дождевых червей имеют широкий диапазон значений, и варьируют в пределах 0.075 – 1.065 мг/кг, при среднем значении – 0.632 мг/кг. Установлено, что ртуть в теле червей распределена неравномерно – максимальные средние

концентрации отмечаются в средней и задней частях ($0.416+0.05$ и $0.286+0.03$ мг/кг соответственно), минимальные - в передней ($0.240+0.002$ мг/кг).

6. Установлены статистически достоверные положительные связи между содержанием ртути в поверхностном горизонте почв и всеми частями тела червей. Между содержанием металла в гумусово-аккумулятивном горизонте и теле червей установлена достоверная обратная зависимость.

7. Меньшие концентрации, чем в дождевых червях определены для консументов второго порядка. Так, в органах обыкновенной бурозубки содержание металла составляет $0.270 + 0.03$ мг/кг, у малой бурозубки - $0.126 + 0.01$ мг/кг, у рыжей полевки - $0.03 + 0.004$ мг/кг. Во всех млекопитающих наибольшие концентрации ртути зарегистрированы в почках и печени, наименьшие в мышцах. Для обыкновенной бурозубки установлена достоверная зависимость между содержанием ртути в органах и концентрацией металла в поверхностном горизонте почв. Для малой бурозубки и рыжей полевки такая зависимость статистически не достоверна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абатуров Б. Д. Почвообразующая роль животных в биосфере / Б. Д. Абатуров // Биосфера и почвы / М.: Наука. – 1976. – С.53-69.
2. Антонович В. П. Определение различных форм ртути в объектах окружающей среды / В. П. Антонович, И. В. Безлуцкая // Журнал Аналит. химии. – 1996. – Т51. №1. – С.116-120.
3. Атлас Воронежской области / Под ред. В. В. Подколотина и др. - Киев: Укргеодезкартография, 1994. - 48 с.
4. Ахтырцев Б. П. Почвенный покров Липецкой области / Б. П. Ахтырцев, В. Д. Сушков - Воронеж: ВГУ, 1983. - 264 с.
5. Базильская И. В. Закономерности и отклонения в годовом цикле климатического режима Воронежского заповедника / И. В. Базильская // Труды Воронежского заповедника. Вып. XXIV – Воронеж, 2007 – С. 6 – 21
6. Байдина Н. Л. Ртуть в почвах Новосибирска/ Н. Л. Байдина // Агрохимия – 1999. - №10.– С.89-92.
7. Байдина Н. Л. Содержание и формы ртути в почвах южной части западной Сибири / Н. Л. Байдина // Агрохимия – 2001. – №11. – С. 59 – 63.
8. Бобровский М. В. Лесные почвы Европейской России: биотические и антропогенные факторы формирования / М. В. Бобровский. – Москва: Товарищество научных изданий КМК. – 2010. – 359 с.
9. Биологический энциклопедический словарь / гл. ред. М. С. Гиляров. – М.: Советская энциклопедия, 1986. – 894 с.
10. Варшал Г. М. Исследование существующих форм ртути (II) в поверхностных водах / Г. М. Варшал, Н. С. Буачидзе // Журнал Аналит. Химии. – 1983. – Т38. №12. – С. 2156-2167.
11. Варшал Г.М. Взаимодействие ртути с гуминовыми кислотами как определяющий фактор механизма концентрации ртути в объектах окружающей среды / Международный симпозиум по прикладной геохимии стран СНГ // Москва, 1997. – С. 290-291.

12. Влияние накопленной ртути на активность кишечных гликозидаз у рыжей полевки из различных биотопов / Г. А. Пенькова [и др.] // Ярославский педагогический вестник. – 2012. - №1. – С. 112-116.
13. Влияние ртути на гидролиз углеводов в кишечнике бурозубок / И. Л. Голованова [и др.] // Токсикологический вестник. – 2012. - №3. – С. 52 – 56.
14. Водяницкий Ю. Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах / Ю. Н. Водяницкий, - М.: ГНУ Почвенный институт им. Докучаева РАСХН, 2008. – 86 с.
15. Возможности атомно-абсорбционного спектрометра РА-915+ с зеемановской коррекцией для определения ртути в различных средах / Н. Р. Машьянов [и др.] // Аналитика и контроль. – 2001. – Т.5 №4. – С. 375-378.
16. Вольфсон Ф. И. Главнейшие типы рудных месторождений. / Ф. И. Вольфсон, А. В. Дружинин. – М.: Недра, 1975. – 392 с.
17. Вселодова-Перель Т. С. Дождевые черви фауны России: кадастр и определитель / Т. С. Вселодова-Перель. – М.: Наука, 1997 – 102 с.
18. Ганин Г. Н. Пороговый эффект у беспозвоночных при миграции тяжелых металлов в трофической цепи почва-педобионты / Г. Н. Ганин // Вестник ДВО РАН. – 2008. - №1. – С. 98 – 106
19. Гигиенические критерии состояния окружающей среды. Метилртуть. – ВОЗ. Женева. – 1994. - С.347-359.
20. Гладкова Н. С. Статистическая оценка пространственного варьирования содержания ртути в поверхностных горизонтах лесных почв / Н. С. Гладкова, М. С. Малинина // Почвоведение. – 1999. - №10. - С. – 1265-1272.
21. Гладкова Н. С. Модель распределения валовой ртути в профиле лесных подзолистых почв / Н. С. Гладкова, М. С. Малинина // Почвоведение – 2005. - №8. – С. 960-967.
22. Гладышев В. П. Аналитическая химия ртути / В. П. Гладышев, С. А. Левицкая, Л. И. Филиппова. – М.: Наука, 1974 – 228 с.

23. Глазовская М. А. О геохимических принципах классификации природных ландшафтов. — В сб. «Геохимия степей и пустынь» («Вопросы географии», № 59), М., Географгиз - 1962.

24. Горький А. В. Загрязнение ртутью почвогрунтов Санкт-Петербурга / А. В. Горький, Е. А. Петрова // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты. Материалы международного симпозиума (Москва, 7-9 сентября 2010 г.). - М.: ГЕОХИ РАН, 2010. – С. 183-187.

25. Грановский Э. И. Загрязнение ртутью окружающей среды и методы демеркулизации / Э. И. Грановский, С. К. Хасенова, А. М. Дарищева. - Алматы, 2001 – 100 с.

26. Гремячих В. А. Содержание ртути в тканях млекопитающих и птиц государственного природного заповедника «Рдейский» и прилегающих к нему территорий / В. А. Гремячих, В. Т. Комов, Завьялова Л. Ф // Труды государственного природного заповедника «Рдейский» / Министерство природных ресурсов и экологии РФ, ФГБУ Государственный природный заповедник «Рдейский». – Великий Новгород, 2013. – Вып. 2. – С. 84-108.

27. Громов И. М. Полевки. В серии: Фауна СССР. Млекопитающие. Т III, вып.8 / И. М. Громов, И. Я. Поляков // Л., «Наука», 1977. – 504 с.

28. Дикарева А.В. Некоторые аспекты биогеохимии ртути / А. В. Дикарева, С. А. Алексеева, В. В. Ермаков // 2-я Российская школа «Геохимическая экология и биогеохимическое районирование биосферы». Мат-лы (тезисы, доклады, воспоминания). – М. - 1999. - С. 49.

29. Долгов В. А. Бурозубки Старого Света / В. А. Долгов. – М.: МГУ, 1985 – 220 с.

30. Дорожукова С. Л. Природные уровни ртути в некоторых типах почв нефтегазоносных районов Тюменской области / С. Л. Дорожукова, Е. П. Янин, А. А. Волох // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – 2000. – №. 1. – С. 157-161.

31. Дроздов К. А. Ландшафтные парагенетические комплексы среднерусской лесостепи / К. А. Дроздов. - Воронеж: ВГУ, 1978. - 160 с.

32. Дроздов К. А. Усманский бор / К. А. Дроздов, К. Ф. Хмелев // Природа и ландшафты Подворонежья. - Воронеж: ВГУ, 1983. - С. 77 - 99.
33. Евдокимова Т. И. Почвенная съемка / Т. Н. Евдокимова. – М.: изд-во МГУ, 1987. – 271 с.
34. Ермаков В. В. Биогенная миграция и детоксикация ртути / В. В. Ермаков // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты. Материалы международного симпозиума (Москва,7-9 сентября 2010 г.)- М.: ГЕОХИ РАН, 2010. – С. 5 – 12
35. Зырин Н. Г. Распределение ртути по профилю почв равнинной части Северной Осетии / Н. Г. Зырин, Б. А. Звонарев, Л. К. Садовникова, Н. И. Воронова // Почвоведение. - 1981. - № 9. - С. 40–50.
36. Загрязнение ртутью почв и донных отложений в зоне влияния Кирово-Чепецкого химического комбината / С. Г. Скугорева [и др.] // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты. Материалы международного симпозиума (Москва,7-9 сентября 2010 г.). - М.: ГЕОХИ РАН, 2010. – С. 203 – 207.
37. Иванов Г. М. Ртуть в гумусовых горизонтах почв Забайкалья / Г. М. Иванов, В. К. Кашин // Почвоведение. - 2010. - №1 - С. 30-36.
38. Иванова Е. С. Закономерности накопления и распределения ртути в компонентах наземных экосистем Вологодской области: автореф. дис. ... к. биол. наук / Е. С. Иванова. – Борок, 2013. – 24 с.
39. Иванова Л. А. Сравнительная токсичность иона ртути (II) в виде катиона и комплексного аниона на организменном и клеточном уровнях / Л. А. Иванова, М. Н. Коршун, М. В. Савченко // Гигиена труда. – 1991. - №3. – С.42-43.
40. Использование GPS- и ГИС-технологий для изучения особо охраняемых природных территорий (на примере ландшафтной структуры Воронежского государственного природного биосферного заповедника) // В. Н. Солнцев [и др.] – Тула: Гриф и К, 2006. – 216 с.

41. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях /А. Кабата-Пендиас, Г. Пендиас. - М.: Мир, 1989. - 439 с.
42. Кац В. Е. Ртуть и таллий в почвенном покрове республики Алтай / В. Е. Кац // День Земли - науч. и пед. пробл. – 1995. - С. 55 – 56.
43. Ковальский В.В. Краткий обзор результатов исследований по проблемам микроэлементов за 1981 г. / В. В. Ковальский, А. Ф. Ноллендорф, В. В. Упитис// Микроэлементы в СССР. -1983. - Вып. 24. - С. 3–45.
44. Комов В. Т. Содержание ртути в органах и тканях рыб, птиц и млекопитающих европейской части России / В. Т. Комов // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты. Материалы международного симпозиума (Москва,7-9 сентября 2010 г.).- М.: ГЕОХИ РАН, 2010. – С. 14 – 18.
45. Королева В. А. Предварительные данные о накоплении ртути в организме консументов второго и третьего порядков, обитающих в лесных экосистемах Воронежской области / В. А. Королева, Ю. Г. Удоенко // Экология, эволюция и систематика животных: Материалы международной научно-практической конференции. – Рязань: Н. П. «Голос губернии». – 2012. - С. 100-102.
46. Кот Ф. С. Ртуть и другие рассеянные металлы в почвах Среднеамурской низменности / Ф. С. Кот // Тез. докл. 2 Съезда О-ва почвоведов. Санкт-Петербург, 27-30 июня 1996. – 1996. - С.177-178.
47. Курдов А. Г. Реки Воронежской области / А. Г. Курдов. - Воронеж: ВГУ, 1984. - 164 с.
48. Ландшафтная карта Воронежской области в масштабе 1:500000 / В. Б. Михно., О. П. Быковская., А. С. Горбунов. – Воронеж: Воронежский гос. ун-т, 2003.
49. Лапердина Т. Г. Определение ртути в природных водах / Т. Г. Лапердина. – Наука, 2000. – 210 с.
50. Лапердина Т. Г. Определение форм ртути в объектах окружающей среды /Т. Г. Лапердина // Ртуть. Проблемы геохимии, экологии, аналитики. Сборн. Науч. Тр. - М.: ИМГРЭ, 2005. – С. 62-97.

51. Линник П.Н. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах / П.Н. Линник, Б.И. Набиванец. - Л.: Гидрометеиздат, 1986. - 270 с.

52. Лобус Н. В. Содержание ртути в компонентах экосистем водоемов и водотоков провинции Кхань Хоа (центральный Вьетнам) / Н. В. Лобус, В. Т. Комов, Нгуен Тхи Хай Тхань // Водные ресурсы. – 2011. – Т.38 №6. – С. 733-739

53. Лукин С. В. Содержание свинца, кадмия, ртути и мышьяка в агроландшафтах Белгородской области / С. В. Лукин // Достижение науки и техники АПК - 2008. - №7. – С.39-41.

54. Малинина М.С. Состояние ртути в системе «затопленные почвы – вода» в условиях модельного эксперимента / М. С. Малинина, Г. В. Мотузова, Е. И, Караванова // Вестник МГУ. Сер. 17 - N 1. - 1997. - С. 48-51.

55. Малинина М. С. Водорастворимые соединения ртути в лесных почвах северной и южной тайги / М. С. Малинина, Н. С. Гладкова // Почвоведение - №2 – 2004. – С. 189 – 196.

56. Методы почвенно-зоологических исследований / под. ред. М. С. Гиляров. – М.: «Наука», 1975. – 280 с.

57. Методические указания. МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест / М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 1999. - 38с.

58. Негрובה Е. А. Сезонная динамика дождевых червей (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*) Липецкой области / Е. А. Негрובה // Вестник тамбовского университета. Серия: естественные и технические науки. - № 6. – 2011. – С.1576-1579

59. Негрובה Е. А. Содержание ртути в дождевых червях (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*) воронежского государственного заповедника // Е. А. Негрובה, Ю. Г. Удоденко // Материалы докладов VI съезда общества почвоведов им. В. В. Докучаева. Всероссийская с международным участием научная конференция «Почвы России: современное состояние, перспективы изучения

и использования (Петрозаводск-Москва, 13-18 августа 2012 г.). – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. – 2012. – С. 444-445.

60. Новиков Г. А. Полевые исследования экологии наземных позвоночных животных / Г. А. Новиков. Советская наука. – 1949. – 283 с.

61. Овсепян А. Э. Распределение содержания ртути в почвах Иласского болотного массива Архангельской области / А. Э Овсепян, А. Н. Масык // Болота и биосфера: материалы VII Всероссийской с международным участием научной школы (13–15 сентября 2010 г., Томск). – Томск: Издательство Томского государственного педагогического университета, 2010. – С. 218 – 222.

62. Опасность ртутного загрязнения и принципы здорового безопасного питания на территориях с повышенной ртутной нагрузкой (Приангарье) / Н. В. Ефимова [и др.] – Иркутск–Ангарск: РИО ГУ НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН, 2004.– 48с.

63. О подвижных формах свинца, кадмия и ртути в компонентах окружающей среды / Н. И. Маликова [и др.] // Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы биофилы в окружающей среде. Семипалатинск: Госуниверситет, 2002. - Т. 2. - С. 47–53.

64. Орешкин В.Н. Распространение, фазовое распределение и индикаторная роль тяжелых металлов в некоторых почвах МНР / В. Н. Орешкин // Методологические вопросы оценки состояния природной среды МНР. - Пушино: Наука, 1990. - С. 37–38.

65. Панин М.С. Эколого-биогеохимическая оценка техногенных ландшафтов Восточного Казахстана / М. С. Панин. - Алматы: Эверо, 2000. - 338 с.

66. Панин М.С. Техногенное загрязнение почв Казахстана тяжелыми металлами / М. С. Панин // Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы биофилы в окружающей среде. - Семипалатинск: Госуниверситет, 2002. - Т. 1. - С. 60–72.

67. Панин М.С. Эколого-геохимическая оценка уровня загрязнения тяжелыми металлами почв территории угольного месторождения “Каражыра” / М. С. Панин, Е. Н. Артамонова, Медведев П. П. // Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде. - Семипалатинск: Госуниверситет, 2002. - Т. 1. - С. 332–343.

68. Панов Б.С. Тяжелые металлы в биосфере Донбасса / Б. С. Панов, Шевченко О. А. // Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде. - Семипалатинск: Госуниверситет, 2002. - Т. 2. - С. 40–45.

69. Подвижные формы ртути в почвах / С.И. Ковалев [и др.] // Международный симпозиум по прикладной геохимии стран СНГ. - Москва, 1997.– С. 223-224.

70. Позвоночные животные Воронежского заповедника: аннотированный список / под ред. Венгерова. – Воронеж: ВГПУ, 2008. – 76 с.

71. Проект организации и развития лесного хозяйства Воронежского государственного биосферного заповедника Управления особо-охраняемых территорий редких и исчезающих видов растений и животных Министерства экологии и природных ресурсов. - Воронеж, 1992 - 137 с.

72. Рекшинская Л. Г. Почвы Воронежского заповедника / Л. Г. Рекшинская. – Воронеж, 1952. - 210 с.

73. Ремезова Г. Л. Типы леса Воронежского заповедника / Г. Л. Ремезова // Труды Воронежского государственного заповедника. - Воронеж: Центр.-Чернозем. изд-во, 1959. – вып. 8. - С. 187-227.

74. Рихванов Л. П. Ртуть в почвах Томского региона / Л. П. Рихванов, Н. А. Осипова, Л. А. Петрова // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты. Материалы международного симпозиума (Москва,7-9 сентября 2010 г.).-М.: ГЕОХИ РАН, 2010. – С. 200 – 202.

75. Ртуть в гидроморфных почвах Воронежского государственного природного биосферного заповедника / Ю. Г. Удоденко [и др.] // Вестник

воронежского государственного университета. Серия: химия, биология, фармация. – 2011. - №2. – С. 148-154.

76. Сауков А. А. Геохимия / А. А. Сауков. – М: Наука, 1975. – 480 с.

77. Содержание ртути в почвах разных биотопов Воронежского заповедника / Удоденко Ю. Г. [и др.] // Проблемы региональной экологии. – 2011. - №4 – С. 105-110.

78. Содержание ртути в почвах и земляных червях (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*) Воронежского заповедника / Ю. Г. Удоденко [и др.] // Вестник воронежского государственного университета. Серия: химия, биология, фармация. – 2012. - №2. – С.209-215.

79. Содержание ртути в почвах и в мелких млекопитающих различных биотопов воронежского заповедника / В. Т. Комов [и др.]// Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты. Матер. Межд. симп. Москва, 7-9 сент. 2010. М.: ГЕОХИ РАН. 2010. – С. 281–286.

80. Содержание ртути в представителях массовых видов позвоночных наземных и пресноводных экосистем / В. Т. Комов [и др.] // Организмы, популяции, экосистемы: проблемы и пути сохранения биоразнообразия. Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Водные и наземные экосистемы: проблемы и перспективы исследований» (Вологда, Россия 24-28 ноября 2008 г.) . – Вологда, 2008. – С.116-119.

81. Спиридонова И. В. Оценка накопления тяжелых металлов в почвах урболандшафтов г. Волгограда: автореф. дис. ... к. биол. наук / И. В. Спиридонова. – Ростов-на-Дону, 2009. – 25 с.

82. Стародубцева Е. А. Классификация лесной растительности Воронежского заповедника / Е. А. Стародубцева, Г. Л. Ханина // Труды Воронежского государственного заповедника. – Вып. XXIV. – С. 116-180.

83. Теория и практика химического анализа почв // Под редакцией Л.А. Воробьевой - М: ГЕОС, 2006. - 400 с.

84. Трахтенберг И. М. Ртуть и ее соединения в окружающей среде / И. М. Трахтенберг, М. Н. Коршун. - Киев: высш. шк., 1990. – 232 с.

85. Трегубов В. В. Некоторые результаты и перспективы исследований на экологическом профиле Воронежского биосферного заповедника / В.В. Трегубов // Проблемы охраны почв : сб. науч. тр./Москва, 1990. - С.52-57.

86. Трегубов О. В. Некоторые результаты изучения почв внепойменных водоемов Воронежского заповедника / О. В. Трегубов, Ю. Г. Удоенко, М. А. Олейникова // Роль особо охраняемых природных территорий лесостепной и степной природных зон в сохранении биологического разнообразия: материалы научно-практической конференции, посвященной восьмидесятилетию Воронежского государственного природного биосферного заповедника (Воронеж, ст. Графская, 17-21 сентября 2007). – Воронеж: ВГПУ, 2007. – С. 63-65.

87. Трубников А. Ф. Химический состав поверхностных вод рек заповедника и р. Воронеж / А. Ф. Трубников // Летопись природы. - Воронеж, 1996. - № 49.- С. 36 - 37.

88. Тупикова Н. В. Питание и характер суточной активности землероек средней полосы СССР / Н. В. Тупиква // Зоологический журнал. – 1949. – Т.18. – вып. 6. – С.97 – 121.

89. Физико-географическое районирование ЦЧО / под ред. Ф. Н. Милькова. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 1961 – 204 с.

90. Халабаев В. Л. Распределение ртути в почвах и почвогрунтах г. Иркутска и его окружения / В. Л. Халбаев, В. И. Гребенщикова // Матер. конфер. «Геология Западного Забайкалья». – Улан-Удэ: БГУ, 2011. - С.115-117.

91. Харченко Н. Н. Экологические типы и жизненные формы норных зверей Среднего Подонья / Н. Н. Харченко. - М.:МГУЛ, 2003. – 202 с.

92. Хим. Энциклопед. Словарь. - М.: Сов. Энцикл., 1983. – 792 с.

93. Чекановская О. В. Дождевые черви и почвообразование / О. В. Чекановская. – М.: Наука, 1960. – 210 с.

94. Янин Е. Л. Ртуть и ее роль в развитии аналитической химии (краткий исторический очерк) / Е. Л. Янин // Ртуть. Проблемы геохимии, экологии, аналитики. - М.: ИМГРЭ, 2005. – С. 184-190.

95. Accumulation of mercury and methylmercury by mushrooms and earthworms from forest soils / S. Rieder [et al.] // Environmental Pollution, 2011, vol. 159, 2011 – P. 2861 – 2869.

96. Adsorption of mercury(II) by soil: effects of pH, chloride, and organic matter / Y. Yin [et al.] // J. Environ. Qual. - 1996. - №4 – P. 837 – 844.

97. Alkyl mercury poisoning in terrestrial Swedish wildlife / K. Borg [et al.] // Viltrevy. – 1969. - № 6. - P. 301-379.

98. Anthropogenic sources and global inventory of mercury emissions / J. M. Pacyna [et al.] // In: Mercury: Sources, Measurements, Cycles, and Effects. - Mineralogical Association of Canada, Short Course Series. Halifax, Canada. – 2005. - V. 32.

99. Atmospheric mercury deposition during the last 270 years: a glacial ice core record of natural and anthropogenic sources / P. F. Schuster [et al.] // Environ. Sci. and Technol., 2002. - V. 36, №11. - P. 2303-2310.

100. Bioaccumulation of total and methyl mercury in three earthworm species (*Drawida* sp., *Allolobophora* sp., and *Limnodrilus* sp.) / S. Z. Zhang [et al.] // Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. – 2009. - №83 - P.937-942.

101. Bloom N. Determination of picogram levels of methylmercury by aqueous phase methylation, followed by cryogenic gas chromatography with cold vapor atomic fluorescence detection / N. Bloom // Can. J. Fish. Aquat. Sci. – 1989. – V. 46. – P. 1131.

102. Burbacher T. M. Methylmercury developmental neurotoxicity: A comparison of effects in humans and animals / T. M. Burbacher, P. M. Rodier, B. Weiss // Neurotoxicology and Teratology. – 1990. – V.12, Issue 3. – P. 191-202

103. Calvert J. G. Mechanisms of mercury removal by O₃ and OH in the atmosphere / J. G. Calvert, S. E. Lindberg // *Atmospheric Environment*. - 2005. - V. 39, №18. - P. 3355-3367.
104. Cossa D. Mercury transport in waters of the Strait of Dover / D. Cossa, J. Sanjuan, J. Noel // *Marine Poll. Bull.* - 1994. - V. 28, №6. - P. 385-388.
105. Craig P. J. Organomercury compounds in the environment, in: *Organometallic Compounds in the Environment: Principles and Reactions* / P.J. Craig, E. Longman // - Harlow, 1986. – P. 65-110.
106. Critical limits for Hg(II) in soils, derived from chronic toxicity data / E. Tipping [at al.] // *Environmental Pollution*. – 2010. - №158. – P.2465-2471.
107. Distribution of mercury, methyl mercury and organic sulphur species in soil, soil solution and stream of a boreal forest catchment / U. Skyllberg [at al.] // *Biogeochemistry*. - 2003. - V. 64, №1. - P. 53-76.
108. Dreher G. B. Mercury contents in Illinois soils / G. B. Dreher, L. R. Follmer // *Water, Air and soil Pollution*. – 2004. - №156 (1). – P. 299-315.
109. Effects of Environmental Methylmercury on the Health of Wild Birds, Mammals, and Fish / A. Scheuhammer [at al.] // *AMBIO*. – 2007. - v. XXXVI, N1 – P. 12-18.
110. Ermakov V. V. Mushrooms as a source of trace elements consumption / V. V. Ermakov // *Ecologica*. - 2006. - Vol. 13, No. 48. - P. 3-6.
111. Evoked potentials in Faroese children prenatally exposed to methylmercury / K. Murata [at al.] // *Neurotoxicol. Teratol.* – 1999. - №21. – P.471-472.
112. Farrar W. P. Pathology in dog associated with elevated tissue mercury concentration / W. P. Farrar, J. F. Edwards, M. D. Willard // *J. Vet Diagn. Invest.* – 1994. – N6. – P. 511-514
113. Fitzgerald W.F. Is mercury increasing in the atmosphere? The need for an atmospheric mercury network (AMNET) / W.F. Fitzgerald // *Water Air Soil Pollut.* - 1995. - V. 80, № 1-4. - P. 245-254.
114. Global anthropogenic mercury emission inventory for 2000 / Pacyna [et al.] // *Atmospheric Environment*. – 2006. - №40. – P. 4048-4063.

115. Grigal D.F. Spatial distribution patterns of mercury in an East-Central Minnesota landscape / D.F. Grigal, E.A. Nater, P.S. Homann // In book Mercury pollution: toward integration and synthesis / Edi. Watras C.J., Huckabee J. Lewis Publ., 1994. - P. 305-317.
116. Harada, M. Minamata disease: a medical report, in Minamata / M. Harada, A. Smith // Smith W.E. and Smith, A.M., Eds., Holt, Rinehart and Winston.- New York, 1975. - P. 180-192.
117. Hinton, J.J. Earthworms as bioindicators of mercury pollution from mining and other industrial activities / J.J. Hinton, M.M. Veiga // Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis. – 2002. – № 2. – P. 269-274.
118. Horvat M. Mercury speciation and analysis. Global and Regional Mercury Cycles: Sources, Fluxes and Mass Balances / M. Horvat // Kluwer Academic Publishers. - Netherlands, 1996. - 257 p.
119. Hsu M. J. Taiwan's industrial heavy metal pollution threatens terrestrial biota / M. J. Hsu, K. Selvaraj, G. Agoramoolthy // Environmental pollution. – 2006. – V.143, Issue 2. – P. 327-334
120. Influence of Watershed Characteristics on Mercury Levels in Wisconsin Rivers / J.R. Hurley [at al] // Environ. Sci. Technol. - 1995. - №137. – P. 1867 – 1875.
121. Intake of mercury from fish, lipid peroxidation, and the risk of myocardial infarction and coronary, cardiovascular, and any death in Eastern Finnish men / J.T. Salonen [at al] // Circulation. – 1995. - № 91(3). – P.645-655.
122. Kocman D. Mercury fractionation in contaminated soils from the Idrija mercury mine region / D. Kocman, M. Horvat, J. Kotnik // Journal of Environmental Monitoring. – 2004. - №6. - P. 696-703.
123. Koegel I. Chemical composition of the organic matter in forest soil / I. Koegel, R. Hempfling, W. Zech // Soil Sci. – 1988. - №2. – P.124 - 135
124. Kot F.S. Mercury in the soils of the Middle Amur Lowland / F.S. Kot, L.A. Matyushkina // Agricultural Chemistry. - 1997. - Vol. 1, N 1. - P. 84-88.

125. Kuhnert P.M. Comparison of mercury levels in maternal blood, fetal cord blood, and placental tissues / P.M. Kuhnert, B.R. Kuhnert, P. Erhard // *Am. J. Obstet. Gynecol.* – 1981. - №139(2). – P.209-213.
126. Lacerda L. D. Evolution of Mercury Contamination in Brazil / L.D. Lacerda // *Water, Air, and Soil Pollution.* - 1997. - V. 97. №3-4. - P.247-255.
127. Li Y.H. Lake Biwa and the ocean: geochemical similarity and difference / Y.H. Li, Y. Sohrin, T. Takamatsu // *Limnology.* - 2010. - V. 12, №1. - P. 89-101.
128. Lindberg S. Synthesis of progress and uncertainties in attributing the sources of mercury in deposition / S. Lindberg , R. Bullock , R. Ebinhaus // *AMBIO.* - 2007. - V.36, №1. - P. 19-32.
129. Lawson N. M. The fate and transport of mercury, methylmercury, and other trace metals in Chesapeake Bay Tributaries / N. M. Lawson, R. P. Mason, J.-M. Laporte // *Water Res.* – 2001. – №35. – p. 501.
130. Main neurodevelopmental study of Seychellois children following in utero exposure to methylmercury from a maternal fish diet: outcome at six months / G. Myers [et al.] // *Neurotoxicology.* – 1995. - № 16. – P. 653-664.
131. Mass balance studies of mercury and methyl mercury in small temperate Boreal lakes of the northern hemisphere. in: *Global and Regional Mercury Cycles: Sources, Fluxes and Mass Balances.* / C. J. Watras [et al.] //Eds. Kluwer Academic Publishers. - Dordrecht, 1996 – P. 329-358.
132. Maxon P. Global mercury production, use and trade / P. Maxon // *Dynamics of mercury pollution on regional and global scales: atmospheric processes and human exposures around the world* / N. Y. Springer. – 2005. – P. 25-50.
133. McKeown-Eyssen G. Methyl mercury exposure in northern Quebec. II. Neurologic findings in children / G. McKeown-Eyssen, J. Ruedy, A. Neims. // *Am. J. Epidemiol.* – 1983. - №118. – P.470-479.
134. Mercury and lead profiles and burdens in soils of Quebec (Canada) before and after flooding / A. Grondin [at al.] // *Can. J. Fish Aquat. Sci.* - 1995. - V. 52. - P. 2493-2506.

135. Mercury baseline levels in Flemish soil (Belgium) / F. M. G. Tack [et al.] // *Environmental Pollution*. – 2005. - №134(1). – P. 173-179.
136. Mercury biogeochemical cycling in a stratified estuary / R.P. Mason [at al.] // *Limnol.Oceanogr*. 1993. - V. 38, №6. - P. 1227-1241.
137. Mercury, cadmium and lead concentrations in different ecophysiological groups of earthworms in forest soils / G. Ernst [at al.] // *Environmental Pollution*.- 2008.- №156. – P. 1304-1313.
138. Mercury concentration in soil, grass, earthworms and small mammals near in industrial emission source /K. R. Bull [at al.] // *Environmental Pollution*. – 1977. – №12. – P. 135 – 140.
139. Mercury contamination in the free-ranging endangered Florida panther (*Felis concolor coryi*) / M.E. Roelke [at al.] // *Proc. Am. Assoc. Zoo Vet*. – 1991. - № 20. - P. 277-283.
140. Mercury fractionation, bioavailability, and ecotoxicity in highly contaminated soils from chlor-alkali plants / G.J. Zagury [at al.] // *Environmental Toxicology and Chemistry*. - 2006. - № 25. – P. - 1138 – 1147.
141. Mercury in human maternal and cord blood, placenta, and milk / R.M. Pitkin [et al.] // *Proc. Soc. Exp. Biol. Med*. – 1976. - № 151 (3) – P.565-567.
142. Mercury in the Biogeochemical Cycle / M. Lucotte [et al.] // *Natural Environments and Hydroelectric Reservoirs of Northern Québec*, Springer. – Verlag Berlin Heidelberg, 1999. – 334 p.
143. Mercury in the Swedish environment – resent research on causes, consequences and corrective methods / Lindquist [at al.] // *Water, air and soil pollution*. – 1991. - V.55. – 157 p.
144. Mercury in the Tapajos River basin, Brazilian Amazon: A review / B.J.J. Nevado [at al.]// *Environment International*. - 2010. - V. 36, №6. - P. 593-600.
145. Mercury mobilization by chemical and microbial iron oxide reduction in soils of French Guyana / J. Harris-Hellal [at al.] // *Biogeochemistry*. - 2011. - V. 103, №1-3. - P. 223-234.

146. Mercury speciation in a tropical soil association; Consequence of gold mining on Hg distribution in French Guiana / Guedron S. [at al.] // *Geoderma*. - 2009. - V. 153, №3-4. - P. 331-346.
147. Metal bioaccumulation in the white-toothed shrew (*Crocidura russula*) inhabiting an abandoned pyrite site / A. Sanchez-Chardi [at al.] // *Chemosphere*. - 2007. - V.67. - P. 121-130.
148. Myers, G.J. A review of methylmercury and child development / G.J. Myers, P.W. Davidson, C.F. Shamlaye // *Neurotoxicology*. - 1998. - № 19(2). - P.313-328.
149. Meyli M. The coupling of mercury and organic matter in the biogeochemical cycle-towards mechanistic model for the boreal forest zone / M. Meyli // *Water, Air and Soil Pollution*. - 1991. - V.56. - P. 333-347.
150. Natural and anthropogenic mercury sources and their impact on the air-surface exchange of mercury on regional and global scales / L. Ebinghaus, R.M. Tripathi, D. Walischlager, S.E. Lindberg // *Mercury contaminated sites*. Springer-Verlag. - Berlin Heidelberg, 1999. - p. 3-50.
151. Obrist, D. Mercury concentrations and pools in four Sierra Nevada forest sites, and relationships to organic carbon and nitrogen / D. Obrist, D.W. Johnson , S.E. Lindberg // *Biogeosciences*- 2009. - №6. - P. 765 - 777.
152. Pacyna E.G. Global Emission of Mercury from Anthropogenic Sources in 1995 / E.G. Pacyna, J.M. Pacyna // *Water, Air, and Soil Pollution*. - 2002. - V. 137. №1-4. - P.149-165.
153. Pant P. Interaction of soil and mercury as a function of soil organic carbon: some field evidence. / P. Pant, M. Allen // *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. - 2007. - №78. - P. 539 – 542.
154. Phillips D.J.H. The Chemistries and Environmental Fates of Trace Metals and Organochlorines in Aquatic Ecosystems. / D.J.H. Phillips // *Marine Pollution Bulletin*. - 1995. - V.31. - P. 193-200.

155. Placental concentrations of cadmium, lead, and mercury in mothers and their newborns / P. Truska [at al.] // *J. Hygiene Epidemiol. Microbiol. Immunol.* – 1989. - № 33(2). P.141-147.
156. Prenatal methylmercury exposure as a cardiovascular risk factor at seven years of age / N . Sorensen [at al.] / *Epidemiology.* – 1999. - №10. – P.370-375.
157. Reproductive performance of two generations of female semidomesticated mink fed diets containing organic mercury contaminated freshwater fish / M. Dansereau [at al.] // *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* – 1999. - № 36. - P. 221-226.
158. Roulet M. Geochemistry of mercury in pristine and flooded ferralitic soils of a tropical rain forest in French Guiana, South America / M. Roulet, M. Lucotte // *Water Air and Soil Poll.* - 1995. - V. 80, №1-4. - P.1079-1088.
159. Rudd J. W. M. Sources of methyl mercury to freshwater ecosystems: a review / J. W. M. Rudd. // *Water, Air and Soil Pollution.* – 1995. – V. 80. – P. 697.
160. Sanchez-Chardi A. Metals in liver and kidneys and the effects of chronic exposure to pyrite mine pollution in the shrew (*Crocidura russula*) inhabiting the protected wetland of Donana /A. Sanchez-Chardi, C. A. O. Ribeiro, J. Nadal // *Chemosphere.* – 2009. – V.76. – P. 387-394.
161. Skjellberg U. Mercury transformations in wetland soils in relation to C, S and Fe biogeochemistry / U. Skjellberg // 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World 1 – 6 August 2010, Brisbane, Australia. – 2010. - P. 44-47.
162. Socioeconomic Consequences of Mercury Use and Pollution / E. B. Swain [at al.] // *AMBIO.* – 2007. – V. 36. – P. 45-61.
163. Sokal R. R. Biometry (3rd edn) / R. R. Sokal, F. J. Rohlf // WH Freeman and company: New York. – 1995.
164. Stein E. D. Environmental distribution and transformation of mercury compounds / E. D. Stein, , Y.Cohen, A. M. Winer.// *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.*, 1996. - № 26 (1).

165. Stern A.H. Estimation of the interindividual variability in the one-compartment pharmacokinetic model for methylmercury: implications for the derivation of a reference dose / A.H. Stern // Regul. Toxicol. Pharmacol. – 1997. - № 25. – P. 277-288.
166. Talmage S. S. Food chain transfer and potential renal toxicity of mercury to small mammals at a contaminated terrestrial field site / S. S. Talmage, B. T. Walton // Ecotoxicology. – 1993. – V2. – P. 243-256.
167. Teisserenc R. Terrestrial organic matter biomarkers as tracers of Hg sources in lake sediments / R. Teisserenc, M. Lucotte, S. Houel // Biogeochemistry. - 2011. - V. 103, №1-3. - P. 235-244.
168. The atmospheric cycling and air-sea exchange of mercury species in the South and equatorial Atlantic Ocean / C.H. Lamborg [at al.] // Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography. - 1999. - V. 46, № 5. - P. 957-977.
169. The geochemistry of mercury in Central Amazonian soils developed on the Alter-do-Chao formation of the lower Tapajos river valley, Para state, Brazil / M. Roulet [at al.] // Sci. Total Environ. - 1998. - V. 223, №.1. - P. 1-24.
170. The intrapartum content of toxic metals in maternal blood and umbilical cord blood / R. Sikorski [at al.] // Ginekol. Pol. – 1989. - № 60(3). – P.151-155.
171. The movement of aquatic mercury through terrestrial food webs / D.A. Cristol [at al.] // Science. - 2008. - V. 320. - P. 320-335.
172. Ulfvarson U. Transportation of mercury in animals: Mass transfer of some mercury compounds used as fungicides studied by grossdistribution and elimination in rodents and poultry. / U. Ulfvarson, Arbetsmedicinska institutet (Stockholm), 1970. – 60 p.
173. Ullrich S.M. Mercury in the aquatic environment: A review of factors affecting methylation / S.M. Ullrich, T.W. Tanton, S.A. Abdrashitova // Environmental Science and Technology. - 2001. - V. 31. №3. - P. 241-293.
174. UNEP Global Mercury Assessment. Geneva, Switzerland 2002. – (<http://www.chem.unep.ch/mercury/report/1stdraft-report-25April.pdf>)

175. UNEP Hg Inventory Toolkit Russian. 2005 –
(<http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/MercuryPublications/GuidanceTrainingMaterialToolkits/MercuryToolkit/tabid/4566/language/enUS/Default.aspx>)
176. UNEP Global Mercury Assessment. Geneva, Switzerland 2008. –
(<http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/MercuryPublications/GuidanceTrainingMaterialToolkits/MercuryToolkit/tabid/4566/language/enUS/Default.aspx>)
177. Wang D. Accumulation and transformation of atmospheric mercury in soil /
D. Wang, X. Shi, S. Wei // The science of total environment. – 2003. – 304. – P.
209 - 214
178. Wilken R. D. Mercury analysis: a special example of species analysis / R. D.
Wilken // Fresenius journal Anal. Chem. – 1992. – V.342. – P. 399-416.