МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Удмуртский государственный университет»
Институт естественных наук
Кафедра ботаники, зоологии и биоэкологии
Направление подготовки 06.03.01 Биология
Профиль 06.03.01.01 Зоология

Допущена к защите
«___» _____2026 г.
Зав. Кафедрой
_____
(подпись)
Д.б.н., профессор
Н. И. Науменко

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА на тему:
«Характеристика почвенного покрова государственного природного заказника "Салинский" Удмуртской Республики»

Выполнил студент
Группы ОБ-06.03.01.01-41 _____ В. А. Русских
(подпись)
Научный руководитель:
к.б.н., доцент _____ Н. Г. Зыкина
(подпись)

ВКР УдГУ

Ижевск, 2026

ВВЕДЕНИЕ

Проблема охраны почв становится все более актуальной, так как почва является не только основным средством сельскохозяйственного производства, но и важнейшим компонентом наземных биогеоценозов.

Сохранение биологического разнообразия, включающее уязвимые популяции растений и животных, и поддержание целостности экосистем являются первостепенными задачами современного природоохранного менеджмента. В качестве ключевых инструментов для достижения этих целей выступают Красные книги, а также разветвленная сеть особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Тем не менее, традиционный подход к созданию заповедных зон, ориентированный преимущественно на охрану редких и исчезающих видов флоры и фауны, часто оставляет почвенный покров под защитой лишь косвенно, рассматривая его как пассивный пространственный субстрат для размещения охраняемых объектов. В отличие от хорошо разработанной системы Красных книг для растений и животных, инвентаризация и охрана почвенного фонда как уникального и уязвимого природного ресурса в России находятся на начальной стадии развития. Хотя в регионах, граничащих с Удмуртией, работа по созданию Красных книг почв уже ведется, в самой республике данный вопрос остается актуальной и нерешенной проблемой. Для обеспечения комплексного подхода к сохранению биоразнообразия и природного потенциала Удмуртии необходимо проведение масштабной инвентаризации почвенного покрова на всех ООПТ Республики, что позволит объективно оценить состояние почвенных ресурсов и разработать эффективные стратегии их охраны и рационального использования.

Цель работы заключается в изучении почвенного покрова на территории государственного природного комплексного заказника «Салинский».

Для достижения цели был поставлен ряд следующих задач:

ВКР УдГУ

1. Поиск и изучение литературы по теме исследования;
2. Закладка почвенных разрезов и отбор почвенных проб с разных участков заказника;
3. Исследование агрохимических показателей почв и их оценка;
4. Изучение биологической активности исследуемых почв;
5. Сравнение показателей разных почв заказника.

Для реализации поставленных задач, в ходе полевых почвенно-экологических исследований были заложены 3 разреза и отобрано 50 смешанных почвенных проб.

Объектом исследования являются почвы государственного природного комплексного заказника «Салинский». Предметом исследования являются морфологические, агрохимические и биологические характеристики почв. Исследование проводится в рамках инвентаризации почвенного покрова всех ООПТ Республики. В ходе данной работы уже охарактеризованы почвы ряда ООПТ [20, 21, 28].

В рамках данной работы впервые проведено комплексное изучение почвенного покрова государственного природного комплексного заказника «Салинский» Удмуртской Республики с рассмотрением морфологических и агрохимических показателей, а также биологической активности почв.

ВКР УдГУ

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Понятие об особо охраняемых природных территориях

К особо охраняемым природным территориям относятся участки земли, водной поверхности и воздушного пространства над ними, где располагаются природные объекты, имеющие особое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение которые изъяты решением органов государственной власти полностью или частично из хозяйственного использования и для которых установлен особый режим охраны [22, 44].

Основная цель особо охраняемых природных территорий заключается в сохранении биологического разнообразия и уникальных природных экосистем. Защита таких территорий направлена на сохранение и восстановление природных сообществ, охрану редких и исчезающих видов растений и животных, а также обеспечение устойчивого использования природных ресурсов. Кроме того, эти территории играют важную роль в сохранении природных ландшафтов, восстановлении местообитаний для миграций животных и в обеспечении возможности для исследования природы и образовательных программ.

Федеральным законом устанавливаются следующие категории особо охраняемых природных территорий (ООПТ):

- государственные природные заповедники, в том числе биосферные заповедники;
- национальные парки;
- природные парки;
- государственные природные заказники;
- памятники природы;
- дендрологические парки и ботанические сады [22, 48, 49].

Особо охраняемые природные территории могут иметь федеральное, региональное или местное значение и находиться в ведении:

ВКР УдГУ

- федеральных органов исполнительной власти;
- органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации;
- органов местного самоуправления;
- государственных научных организаций;
- государственных образовательных организаций высшего образования [48].

Государственные природные заповедники и национальные парки относятся к особо охраняемым природным территориям федерального значения [48, 49]. Государственные природные заказники, памятники природы, дендрологические парки и ботанические сады могут быть отнесены к ООПТ как федерального, так и регионального значения [48]. Природные парки относятся к особо охраняемым природным территориям регионального значения [49]. Законами субъектов Российской Федерации могут устанавливаться и иные категории ООПТ регионального и местного значения [22, 48, 49].

На землях особо охраняемых природных территорий федерального значения запрещается строительство автомобильных дорог, трубопроводов, линий электропередачи и других коммуникаций, а также строительство и эксплуатация промышленных, хозяйственных и жилых объектов, не связанных с разрешенной на особо охраняемых природных территориях деятельностью в соответствии с федеральными законами.

Также на территориях ООПТ запрещено:

- Охотиться, ловить животных или собирать дикие растения без разрешения.
- Устраивать костры вне специально оборудованных мест.
- Бросать мусор, оставлять отходы и повреждать природу.
- Использовать огнестрельное оружие, пиротехнику или другие предметами, которые могут нанести ущерб окружающей среде.
- Проводить незаконные строительные работы или вносить изменения в природную среду.

ВКР УлГУ

- Посещать территорию во время запретов на въезд или в отведенные периоды.
- Беспокоить животных или нарушать их естественное поведение.
- Производить незаконную добычу природных ресурсов.

Это лишь некоторые общие запреты, каждая охраняемая территория может иметь свои собственные правила и ограничения.

При создании особо охраняемых природных территорий учитывается:

- значение соответствующей территории для сохранения биологического разнообразия, в том числе редких, находящихся под угрозой исчезновения и ценных в хозяйственном и научном отношении объектов растительного и животного мира и среды их обитания;
- наличие в границах соответствующей территории участков природных ландшафтов и культурных ландшафтов, представляющих собой особую эстетическую, научную и культурную ценность;
- наличие в границах соответствующей территории геологических, минералогических и палеонтологических объектов, представляющих собой особую научную, культурную и эстетическую ценность;
- наличие в границах соответствующей территории уникальных природных комплексов и объектов, в том числе одиночных природных объектов, представляющих собой особую научную, культурную и эстетическую ценность [48].

На территории Удмуртской Республики существуют особо охраняемые природные территории регионального, местного и федерального значения. Они включают в себя следующие категории:

- национальный парк («Нечкинский»);
- природные парки («Усть-Бельск», «Шаркан»);
- государственные природные заказники (всего в УР 14 территорий, относящихся к данной категории, например, «Салинский», «Кокманский», «Андреевский сосновый бор», «Адамский» и другие);

ВКР УдГУ

- памятники природы (на территории УР насчитывается 112 памятников природы, таких как: месторождение лечебных грязей «Муважинское», урочище «Уе-Докья», родник «Удмуртский ключ» и другие);
- дендрологические парки и ботанические сады (Удмуртский ботанический сад);
- охраняемые природные объекты (родник в районе железнодорожного вокзала, родник в районе пр.Угловой, родник в районе пр.Ключевский г. Воткинска и другие);
- охраняемый природный комплекс (Ярушкинский парк г. Ижевска) [41].

1.2. Почва как базис природных экосистем

Почвы - важнейший компонент экологической среды, их образование в природе происходит на протяжении десятков и сотен тысяч лет [26]. Она состоит из генетически связанных горизонтов, образующих почвенный профиль и возникающих в результате преобразований поверхностных слоев литосферы под совместным воздействием воды, воздуха и организмов [45].

Почва, представляющая собой полифункциональную четырёхфазную (твёрдая, жидкая, газообразная фазы и живые организмы) природную систему, выполняет широкий спектр экосистемных и биосферных функций [16, 39]. Среди этих функций можно выделить следующие ключевые аспекты:

- Обеспечение жизни на Земле. Почва служит уникальной средой обитания и эволюции огромного разнообразия форм жизни. Совокупность организмов, обитающих в почве (почвенная биота), включает микроорганизмы, беспозвоночных и позвоночных животных. Почва обеспечивает растения водой и элементами минерального питания, а также выполняет функцию закрепления растений [16, 37].

ВКР УдГУ

- Регулирование потоков вещества в биосфере. Почвенные организмы играют ключевую роль в биогеохимических циклах. Важнейшая функция почвенной биоты — замыкание цикла углерода путём разложения органического вещества, продуцируемого растениями, а также осуществление фиксации атмосферного азота. Почва выступает как связующее звено между биологическим и геологическим круговоротом веществ на земной суше, аккумулируя биофильные элементы и регулируя их миграцию [16, 37].

- Аккумуляция органического вещества и связанной с ним энергии. В процессе неполного разложения органического вещества происходит накопление гумуса и формирование залежей биогенных полезных ископаемых (торф и др.) [37].

- Поддержание биологического разнообразия. Почва является средой обитания для представителей микро- (менее 0,1 мм), мезо- (до 3 мм), макро- (до 2 см) и мегафауны (крупнее 2 см). Жизнедеятельность этих организмов, включая биотурбацию (рытьё нор и ходов), создаёт мозаичность почвенного покрова и способствует появлению новых экологических ниш, стимулируя активность одних видов и ограничивая жизнедеятельность других [37].

- Сельскохозяйственное значение. Биологическая продуктивность почв, используемых в земледелии, обеспечивает основную массу продовольствия, получаемого человечеством. Почва выступает в качестве основного средства сельскохозяйственного производства [16].

Изучение процессов, происходящих в почве, имеет критическое значение для оптимизации использования земельных ресурсов и сохранения биоразнообразия. Особую актуальность это приобретает в свете проблемы деградации почв.

Деградация почв — это устойчивое ухудшение свойств и плодородия почвы как среды обитания биоты в результате воздействия природных или антропогенных факторов. Деградация почвы определяется как ухудшение её свойств и плодородия [15, 39].

ВКР УлГУ

Деградация и полное разрушение почвенного покрова могут происходить как в результате природных явлений (изменение условий почвообразования, извержения вулканов, ураганы, селевые потоки), так и в результате хозяйственной деятельности человека. К основным антропогенным причинам относятся: нерациональное ведение сельского хозяйства (водная и ветровая эрозия, дегумификация, истощение), перевыпас скота, техногенное загрязнение (тяжёлыми металлами, нефтепродуктами), вторичное засоление при орошении, а также механическое нарушение почв при строительстве и добыче полезных ископаемых [15, 18].

Деятельность человека оказывает значительное влияние на почву. Проблема загрязнения и деградации почв была актуальна всегда, но в настоящее время встаёт особенно остро, осложняясь урбанизацией, все большим использованием земель, их ресурсов для индустриального и жилищного строительства, ростом потребностей в продуктах питания. Выпас скота, пожары, рубка леса, распашка и гидротехническая мелиорация приводит к изменению растительности на многих почвах. Под влиянием промышленных и сельскохозяйственных загрязнений изменяются свойства почвы и почвообразовательные процессы, потенциальное плодородие, снижается технологическая и питательная ценность сельскохозяйственной продукции [45]. Хозяйственная деятельность человека, особенно добыча полезных ископаемых и градостроительство, влияет на уровень грунтовых вод, экзогенные процессы, гидрографическую сеть, микроклимат и другие компоненты ландшафта [3].

Явления деградации и полного разрушения почвы можно разделить на несколько основных групп [15, 45]:

1. Нарушение биоэнергетического режима почв и экосистем:

- девегетация почв (потеря почвами растительного покрова, ведущая к омертвлению почв);
- дегумификация почв (потеря почвами гумуса);

ВКР УлГУ

- почвоутомление и истощение почв (процессы, происходящие в почвах в результате длительного возделывания одного вида сельскохозяйственных культур).

2. Патологическое состояние почвенных горизонтов и профиля почв:

- отчуждение и выключение почв из действующих экосистем (отчуждение почв городами, поселками, дорогами, линиями электропередач и связи, трубопроводами, карьерами, водохранилищами, свалками и т. д.);
- водная и воздушная эрозия (дефляция) почв (разрушение верхних слоев почвы под действием воды и ветра);
- образование бесструктурных кор и переуплотненных горизонтов (потеря почвой структуры или ее переуплотнение).

3. Нарушение водного и химического режима почв:

- сухость и опустынивание почв (результат, как общеземного послеледникового процесса опустынивания, так и непродуманной хозяйственной деятельности человека);
- селевые разливы и оползни (результат сведения растительности в горных районах);
- вторичное засоление почв (результат неправильного орошения минерализованными или пресными водами);
- природная и вторичная кислотность почв (кислотность почв ниже оптимальной реакции почв, которая возникает в результате выбросов в атмосферу соединений кислот промышленного, транспортного и другого происхождения):
- переосушение почв (результат неправильно проводимых осушительных мелиораций).

4. Загрязнение и химическое отравление почв:

- промышленное загрязнение почв;

ВКР УлГУ

- сельскохозяйственное загрязнение почв (результат неправильного применения пестицидов, внесение сверхнормальных доз минеральных и органических удобрений, отходов и стоков животноводческих ферм);
- радиоактивное загрязнение почв (природное или антропогенное накопление в почве радионуклидов в результате ядерных взрывов, аварийных выбросов на атомных предприятиях, утечки радиоактивных материалов, захоронении отходов атомной промышленности);
- бактериальное загрязнение почв (возможность распространения эпидемиологических заболеваний из-за патогенных организмов, обитающих в почве. Результат наличия неусовершенствованных свалок и мест захоронения коммунальных отходов).

В Удмуртской Республике преобладают дерново-подзолистые, серые лесные и дерново-карбонатные почвы [27]. В целом они используются в земледелии не эффективно и малопригодны для интенсивной эксплуатации [27, 30]. Это связано, прежде всего, с недостаточным проведением окультуривающих приёмов, которые не обеспечивают даже простого воспроизводства плодородия почв [27].

1.3. Почвы ООПТ и их охрана

Несомненно, в существующих ООПТ заповедный режим распространяется и на почву, как на один из компонентов биогеоценоза [46]. Поскольку обычно основная цель создания заповедных территорий заключается в сохранении редких и исчезающих видов растений и животных, то почва оказывается под охранным режимом по умолчанию лишь потому, что выступает пространственным базисом для размещения охраняемых видов [17, 46]. В результате не все почвы, которые следует непременно сохранить, находятся под надежной защитой заповедного режима. Охрана почвенного покрова требует особого обоснования [46]. Исходя из чего, основная задача

ВКР УдГУ

особой охраны почв — это сохранение наибольшего разнообразия естественных почвенных разностей, структур почвенного покрова и их биоценозов [17].

Почвы, играя определяющую роль в формировании ландшафтов, в некоторых случаях обеспечивают образование таких их представителей, которые поддерживают существование исчезающих видов флоры и фауны и, следовательно, являются определяющим компонентом резерватов (рефугиумов), обычно именуемых заказниками и заповедниками [1]. Без охраны почв неэффективна охрана растений, большинства беспозвоночных и многих микроорганизмов. Без сохранения достаточного разнообразия естественных почв невозможно сохранить разнообразие природных экосистем [46].

Мощное антропогенное влияние на почвы и факторы почвообразования создает реальную угрозу потери особо ценных, редких и уникальных почв, обеспечивающих сохранение биоразнообразия и нормальное функционирование экосистем [4, 48]. Скорость потерь земельного фонда на планете за последние 50 лет по сравнению со средней скоростью за весь период земледелия возросла в 30 раз. Среднегодовые темпы потерь продуктивных земель в результате деградации почв и отчуждения земель под несельскохозяйственные нужды в мире превысили 6 млн га [4]. Для восполнения пахотного фонда осваиваются естественные почвы, представляющие собой экологический резерв планеты. Прямое и косвенное воздействие хозяйственной деятельности человека распространилось практически на весь почвенный покров планеты [4, 48]. Коэффициент рационального использования некоторых почв значительно превысил экологический оптимум, что привело к нарушению баланса биогеоценотических функции почв. возникла проблема сохранения почвенного разнообразия - основы оптимального функционирования экосистем биосферы. Социально-экономические и экологические последствия этого достигли критического уровня [4].

ВКР УлГУ

В отношении состояния (нарушенности и трансформированности) территории можно принять за правило, что охраняемыми природными территориями можно считать те, не менее половины (50%) площади которых занимают природные и природно-культурные территории. Соответственно, к ООПТ не могут быть отнесены территории, занятые преимущественно пашней, плантациями (в т.ч. лесными), посадки экзотических видов деревьев, искусственными пастбищами, садами, парками, населенными пунктами, водоемами искусственного происхождения и т.д. [48].

Охрана почвенного покрова на особо охраняемых природных территориях (ООПТ) является неотъемлемой частью сохранения биоразнообразия, поскольку почва выступает в роли важнейшего средообразующего фактора [28]. В связи с этим разрабатываются и внедряются специальные меры и правила, направленные на сохранение и восстановление естественного состояния почв. К ключевым методам охраны почв в пределах ООПТ относятся следующие:

- Контроль за состоянием почв (мониторинг). Проведение регулярных исследований и анализов почвенного покрова необходимо для своевременного выявления изменений и проблем. Эффективным инструментом решения этой задачи являются системы автономного мониторинга атмосферно-почвенных процессов [31]. Кроме того, для наблюдения за состоянием ООПТ широко применяются дистанционные методы (анализ космических снимков), позволяющие оперативно фиксировать нарушения режима охраны, такие как рубки леса, строительство или образование свалок, что особенно актуально для труднодоступных территорий [42].

- Разработка и внедрение планов устойчивого использования почв. Для оптимизации природопользования необходимо проводить детальную инвентаризацию и систематизацию почвенного покрова ООПТ [28]. Полученные данные служат основой для определения допустимых методов использования почвенных ресурсов, выделения эталонных и редких

ВКР УлГУ

почвенных объектов, требующих особого режима охраны, а также для разработки программ почвенно-экологического мониторинга и обоснования расширения сети ООПТ [28, 42].

- Запрет на использование деструктивных агротехнических методов. Для сохранения уникальных и эталонных почв вводится режим особой охраны, который может предусматривать полное исключение таких территорий из хозяйственного использования. Выделяют несколько уровней охраны почв: от предотвращения их полного уничтожения (например, при разработке полезных ископаемых) до сохранения эталонных целинных участков. Особо охраняемые почвенные объекты могут быть включены в специализированные кадастры, такие как «Красная книга почв», которая создается для сохранения почвенного разнообразия и предполагает создание почвенных заказников [35].

Комплексное применение этих и других природоохранных мер позволяет сохранить естественное состояние и биосферные функции почвенного покрова на особо охраняемых природных территориях и обеспечить их устойчивое существование в будущем [28, 31].

1.4. Показатели оценки состояния почв

Для полной характеристики почвенного покрова необходим системный подход, сочетающий классические морфологические методы с современными химическими и биохимическими анализами [23, 40]. Такой комплекс позволяет не только классифицировать почву в соответствии с генетической типологией, но и оценить её функциональное состояние, экологическую устойчивость и степень антропогенной трансформации [23, 40]. На территории заповедников, где почвы формируются преимущественно под влиянием природных факторов, особенно важно выявлять даже незначительные отклонения от эталонного состояния, вызванные рекреационной нагрузкой, пожарами или иными воздействиями [7].

ВКР УлГУ

1. Морфологические признаки почв

Морфологическое описание является базисом почвенных исследований [23]. Согласно генетическому почвоведению, морфология — это внешнее выражение внутренних процессов почвообразования, позволяющее диагностировать тип почвы даже без проведения трудоёмких лабораторных анализов [23, 40]. К ключевым диагностическим признакам, которые необходимо фиксировать при обследовании ООПТ, относятся:

- Строение почвенного профиля — наличие, мощность и порядок чередования генетических горизонтов (органогенных, элювиальных, иллювиальных и материнской породы). Этот признак позволяет на первом этапе определить тип и подтип почвы. Например, в исследованиях на территории заповедника «Утриш» были выявлены коричневые субтропические почвы с мощным слабогумусированным профилем, а также луговые глеевые почвы, сформировавшиеся в замкнутых депрессиях [7, 23].
- Цвет (окраска) — важнейший диагностический признак, сигнализирующий о содержании гумуса, степени увлажнения и окислительно-восстановительном режиме почвы [7, 23].
- Структура и сложение — свойства, определяющие водно-воздушный режим почвы и её доступность для корневых систем растений [23].

Помимо перечисленных признаков, при морфологическом описании почв ООПТ важное значение имеют такие характеристики, как каменистость, щебенчатость и мощность подстилки [7, 23].

2. Агрохимические показатели

Агрохимическая характеристика отражает потенциальное плодородие и химический состав почв, который в условиях ООПТ формируется преимущественно под влиянием природного биогеохимического цикла [23, 51]. Однако даже на охраняемых территориях возможно присутствие следов былого антропогенного воздействия (например, если земли ранее использовались в сельском хозяйстве), что делает агрохимический анализ

ВКР УлГУ

необходимым элементом мониторинга [23, 40]. К основным показателям относятся:

- Кислотность почвы (pH водной и солевой вытяжки) — один из главных регуляторов подвижности элементов питания и жизнедеятельности микроорганизмов [7, 23]. В субтропических коричневых почвах черноморского побережья значения pH могут варьировать в зависимости от карбонатности почвообразующих пород [23].
- Содержание органического вещества (гумуса) — определяет энергетический потенциал почвы, её поглотительную способность и структурное состояние. В поверхностных горизонтах ненарушенных почв заповедников содержание гумуса обычно достаточно высокое [23].
- Обеспеченность макроэлементами (азот, фосфор, калий) — отражает трофность (питательность) среды. Для лесных и луговых экотопов уровень подвижных форм фосфора и калия является индикатором естественного плодородия. Снижение их содержания может сигнализировать о формировании малопродуктивных почв на эродированных участках или о нарушении биогеохимического цикла [23, 51].

3. Биологическая активность почв

Поскольку почва является живой системой, её химические показатели не всегда успевают быстро реагировать на изменения среды [7]. Наиболее чувствительным и информативным индикатором экологического состояния почв служат биологические показатели, в частности — активность почвенных ферментов [7, 23]. Ферментативная активность характеризует интенсивность биохимических процессов трансформации органического вещества и может быть использована для мониторинга почв ООПТ наряду с содержанием гумуса и физическими свойствами [23]. К числу наиболее значимых ферментов относятся:

- Каталаза и дегидрогеназа — отражают общую интенсивность окислительно-восстановительных процессов и дыхание почвенной микрофлоры [7, 23]. Высокая активность этих ферментов свидетельствует о

ВКР УлГУ

благоприятных аэробных условиях и высоком уровне жизнедеятельности микроорганизмов [23].

- Гидролитические ферменты (инвертаза, фосфатаза, уреаза) — показывают скорость трансформации органических соединений углерода, фосфора и азота, обеспечивая растения доступными формами питательных элементов [7, 23]. Инвертаза участвует в разложении сахарозы, фосфатаза — в минерализации органического фосфора, уреаза — в гидролизе мочевины до аммиака [7].

Ферментативная активность почв ООПТ является высокочувствительным индикатором антропогенных и природных нарушений [7].

Интегральная оценка биологического состояния почв, включающая определение активности нескольких ферментов, содержания гумуса и микробиологических характеристик, позволяет объективно диагностировать степень нарушения почвенного покрова и эффективность естественного восстановления экосистем [23, 51]. Такой подход успешно применяется при исследовании почв не только заповедников, но и старовозрастных вырубок на сопредельных территориях [51].

Системное применение морфологических, агрохимических и биохимических методов исследования, включающее оценку ферментативной активности, даёт наиболее полную и объективную характеристику почвенного покрова ООПТ [7, 23, 51]. Такой подход позволяет не только констатировать текущее состояние почв, но и прогнозировать их динамику под влиянием природных и антропогенных факторов, что является основой для разработки эффективных мер охраны и рационального использования почвенных ресурсов на особо охраняемых природных территориях [23, 40].

ВКР УлГУ

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Характеристика исследуемой территории

Правовой статус, цели создания и режим особой охраны территории государственного природного комплексного заказника «Салинский» определяются постановлением Правительства Удмуртской Республики от 7 ноября 2018 года № 467 «О государственном природном комплексном заказнике “Салинский”» (с изменениями, внесёнными постановлениями от 02.09.2020 № 407 и от 28.06.2024 № 342) [36]. Данный нормативно-правовой акт является основным документом, регулирующим функционирование особо охраняемой природной территории регионального значения. Согласно п. 1 постановления, заказник был переименован из Салинского государственного охотничьего комплексного заказника и получил своё нынешнее наименование.

Государственный природный комплексный заказник «Салинский» является особо охраняемой природной территорией регионального значения. История его создания насчитывает более 40 лет: он был образован 9 сентября 1983 года. Заказник располагается в двух районах Удмуртской Республики — Красногорском и Игринском. В его границы полностью или частично входят территории следующих муниципальных образований: «Агрикольское», «Прохоровское», «Факельское», «Комсомольское» и «Новозятцинское». Общая площадь охраняемой территории составляет 36 180 гектаров, из которых 32 595,1 гектара приходится на земли лесного фонда (залесенность – 91%). Салинский заказник располагается в Кильмезском физико-географическом районе (ФГР) на границе эолового рукава [20] (рис. 1).

Рисунок 1 – Расположение государственного природного комплексного заказника «Салинский» [32]

Заказник имеет комплексный профиль и создан без изъятия земельных участков у собственников, пользователей, владельцев и арендаторов.

ВКР УдГУ

Основной целью его создания является поддержание целостности естественных сообществ, выступающих резерватом для основных видов охотничьих ресурсов. В число ключевых задач входят сохранение природных комплексов (включая особо ценные лесные и болотные массивы, участки старовозрастных лесов и насаждений естественного происхождения), охрана среды обитания объектов животного мира и путей их миграции, а также сохранение и воспроизводство объектов животного мира с целью естественного пополнения прилегающих охотничьих угодий [36].

Управление заказником и функции его администрации осуществляет бюджетное учреждение Удмуртской Республики «Дирекция особо охраняемых природных территорий регионального значения Удмуртской Республики». В соответствии с изменениями, внесёнными постановлением от 28 июня 2024 года № 342, региональный государственный контроль (надзор) в области охраны и использования особо охраняемых природных территорий на территории Заказника осуществляется этим же учреждением в соответствии с положением, утверждённым Правительством Удмуртской Республики [36].

Границы государственного природного комплексного заказника «Салинский»:

Северная граница - от деревни Убытьдур по дороге через лесной квартал 31 Архангельского участкового лесничества Красногорского лесничества до урочища Чемашур, далее по лесной дороге (бывшей узкоколейной железной дороге Менильского леспромхоза) до посёлка Башмаково;

Восточная граница - от посёлка Башмаково по дороге через урочища Телегурт, Саля и по противопожарному разрубу между кварталами 24 - 25 Пионерского участкового лесничества Игринского лесничества до лесной дороги (82 пикета бывшей узкоколейной железной дороги Игринского леспромхоза);

Южная граница - от пересечения противопожарного разруба между кварталами 24 - 25 Пионерского участкового лесничества Игринского

ВКР УдГУ

лесничества и лесной дороги (бывшей узкоколейной железной дороги Игринского леспромхоза) по лесной дороге до посёлка Малягурт;

Западная граница - от посёлка Малягурт по Красногорскому тракту до села Красногорское, далее по просёлочной дороге до деревни Убытьдур [34].

Салинский заказник расположен в таежной и подтаежной зонах. Лидирующие ландшафты: Салинский и Лумпунско-Пестерьский. Наиболее распространенные почвы: сильноподзолистые; дерново-сильноподзолистые; дерново-глеевые и дерново-глееватые; аллювиальные болотные иловато-торфяные. Преобладают супесчаные и связно-песчаные, сильно- и среднекислые почвы, а также подзолистые, дерново-подзолистые, суглинистые, супесчаные, песчаные с различной мощностью дернового и подзолистого горизонта и неодинаковой степенью увлажнения [20].

Рельеф территории волнисто-увалистый. Территория расчленена сетью речных долин, оврагов и балок, что способствует развитию водной эрозии. Гидрологическая сеть заказника представлена несколькими водотоками. На его территории протекают реки Люквай, Итчейка, Нылга. В границах государственного природного комплексного заказника «Салинский» располагаются два особо охраняемых природных объекта: государственный природный ботанический заказник «Андреевский сосновый бор» и памятник природы «Торфяное месторождение “Верхшамовское”» [20].

Растительный покров заказника представляет собой сложную и динамичную мозаику лесных, луговых и переходных сообществ, отражающую как природные экологические условия (разнообразие почв, влажностный режим, рельеф), так и историю антропогенного воздействия (например, зарастающие залежи). Такое разнообразие экотопов обеспечивает высокую биоразнообразие флоры и фауны, а также поддерживает различные экологические процессы. На территории присутствуют такие лесные сообщества как: смешанные леса, осинники, ельники, ельники-зеленомошники, сосняки-беломошники и сосняки-зеленомошники. Также в пределах заказника находятся залежи и верховые болота [5].

ВКР УдГУ

Смешанные леса характеризуются сочетанием хвойных и лиственных древесных пород, что придает им высокую ярусность и структурную сложность. Древостой может быть двух- или трехъярусным. Подлесок, как правило, хорошо развит и представлен разнообразными кустарниками. Доминирующие породы в первом древесном ярусе – осина и береза – являются пионерными и часто указывают на вторичные леса, возникшие на месте вырубок или пожаров. Присутствие ивы во втором ярусе или в развитом подлеске свидетельствует о достаточном увлажнении почв, возможно, о близости водоемов или наличии влагоемких грунтов. Напочвенный покров будет представлен злаками и влаголюбивым разнотравьем. Часть смешанных лесов территории характеризуются преобладанием широколиственных пород. Отличаются высоким биологическим разнообразием, особенно в травяном ярусе.

На территории заказника отмечаются леса, где осина и береза являются основными доминантами, но при этом присутствует значительная примесь пихты [5]. Присутствие пихты указывает на более влажные и тенистые условия, а также может свидетельствовать о процессе сукцессии, когда пихта постепенно вытесняет мелколиственные породы, формируя более зрелое хвойно-широколиственное или хвойно-мелколиственное сообщество. Напочвенный покров будет смешанным, с видами, характерными как для мелколиственных, так и для темнохвойных лесов.

Разнообразие хвойных лесов на территории заказника и присутствие зрелых деревьев указывает на старовозрастные участки, играющие важную роль в сохранении типичной таежной флоры [5]. Ельник характеризуется доминированием ели, но с заметной примесью пихты и березы. Присутствие пихты подчеркивает зрелость и климаксовый потенциал леса, а также указывает на достаточное увлажнение. Береза, как правило, является вторичной породой, свидетельствующей о возможном нарушении в прошлом и последующем естественном возобновлении. Напочвенный покров будет

ВКР УлГУ

смешанным, с преобладанием таежных видов (черника, брусника, кислица, мхи), но также с элементами мелколиственных лесов.

Ельник-зеленомошник типичное таежное сообщество с доминированием ели обыкновенной. Древостой густой, создающий сильное затенение. Напочвенный покров сформирован сплошным ковром зеленых мхов. Травяно-кустарничковый ярус разрежен и представлен характерными таежными видами: черника, брусника, кислица, майник двулистный, линнея северная. Подлесок, как правило, не развит. Почвы кислые, подзолистые. Более сложный вариант ельника-зеленомошника, где к ели примешиваются сосна и береза. Сосна может указывать на более сухие и хорошо дренированные участки в пределах ельника, а береза – на прошлое нарушение лесного покрова или вторичное зарастание. Напочвенный покров по-прежнему доминируют зеленые мхи, но травяно-кустарничковый ярус может быть несколько богаче и разнообразнее за счет лучшей освещенности и влияния лиственных пород.

В сосняке-зеленомошнике доминирующей породой является сосна обыкновенная, что указывает на более сухие и часто песчаные почвы. Напочвенный покров, как и в ельниках-зеленомошниках, образован преимущественно зелеными мхами. Однако световой режим здесь выше, чем в ельниках. Травяно-кустарничковый ярус представлен видами, устойчивыми к засухе и бедным почвам: брусника, вереск, иногда черника, а также некоторые сухолюбивые злаки и разнотравье. Сосняки-беломошники, в свою очередь, экстремально сухие и бедные сообщества. Древостой представлен изреженной сосной. Напочвенный покров практически полностью состоит из беловатых или сероватых лишайников рода Кладония (широко известных как ягель), которые способны переносить длительные периоды засухи. Травяной покров крайне разрежен, встречаются лишь отдельные экземпляры брусники, вереска, а также сухолюбивые мхи.

Залежи и луговые сообщества привносят разнообразие и служат местообитанием для видов открытых пространств, а также являются

ВКР УлГУ

площадкой для изучения процессов естественного зарастания. Эти сообщества представляют собой динамичные, чаще всего антропогенно обусловленные участки, сформировавшиеся на бывших пахотных землях или сенокосах, которые были выведены из хозяйственного оборота. На начальных стадиях доминируют однолетние и двулетние сорные растения, постепенно замещающиеся многолетними злаками (мятлик, овсяница, тимофеевка, пырей) и разнообразным луговым разнотравьем (клевер, люцерна, тысячелистник, одуванчик, ромашка, колокольчик). На более старых залежах может отмечаться активное зарастание кустарниками и деревьями-пионерами (береза, осина, ольха), что является этапом лесной сукцессии.

2.2. Методика проведения исследования

Для комплексной характеристики, оценки и мониторинга почвенного покрова государственного природного заказника «Салинский» был выбран системный подход, сочетающий полевые морфологические описания с детальным лабораторным анализом физико-химических и биологических свойств.

Изучение почв проводилось методом закладки полнопрофильных почвенных разрезов на ключевых участках, репрезентативных для основных типов ландшафтов заказника.

- Закладка разрезов осуществлялась на глубину залегания почвообразующей породы (или до появления грунтовых вод).
- Морфологическое описание проводилось по общепринятым правилам: фиксировалось строение профиля, мощность каждого горизонта, цвет, гранулометрический состав, структура, сложение, наличие новообразований и включений, характер перехода между горизонтами.

Важной частью работы стала актуализация почвенных данных. На данный момент существующая почвенная карта Удмуртской Республики

ВКР УдГУ

составлена с использованием Классификации и диагностики почв СССР 1977 года [25]. Однако современное почвоведение опирается на принципиально иную систему — Классификацию и диагностику почв России, основанную на диагностических признаках самих почв (субстантивно-генетический подход) [50].

В ходе исследования проводилась корреляция старых названий с современными таксонами. Необходимо отметить, что широко распространенные на территории УР и выделяемые ранее дерново-подзолистые почвы в соответствии с современной классификацией теперь относятся к двум разным отделам в зависимости от их генезиса и почвообразующих пород:

1. Текстурно-дифференцированные почвы (собственно подзолистые и дерново-подзолистые на тяжелых и средних суглинках);

2. Альфегумусовые почвы, сформированные на легких (песчаных и супесчаных) почвообразующих породах.

Такое разделение позволяет более точно оценить экологический потенциал и устойчивость почв заказника к антропогенным нагрузкам.

Выбор показателей, охватывающий физико-химические и биологические свойства среды обусловлен необходимостью получения многогранной оценки состояния экосистем:

1. Для классификации и описания генезиса почв определяющими являются морфологические признаки в сочетании с такими фундаментальными характеристиками, как содержание гумуса, величина pH и сумма поглощенных оснований. Эти данные позволяют верифицировать тип почвообразования в условиях ООПТ.

2. Для оценки актуального плодородия и экологического состояния используются показатели обеспеченности подвижными формами фосфора и калия, а также гидролитическая кислотность. Они отражают трофность экотопов и их способность противостоять внешним химическим воздействиям.

ВКР УдГУ

3. Для мониторинга функциональной активности и «здоровья» почвы выбраны показатели ферментативной активности (каталаза, инвертаза). Являясь наиболее динамичными параметрами, ферменты позволяют фиксировать ранние изменения в состоянии экосистем, которые еще не проявились на химическом или морфологическом уровнях.

Все полевые и лабораторные исследования проводились с применением унифицированных государственных стандартов и общепринятых в почвоведении методик, что обеспечивает сопоставимость и достоверность полученных результатов.

Отбор проб и подготовка к анализам проводилась по стандартным методикам:

- Общие требования к отбору проб. ГОСТ 17.4.3.01.-83 [9].
- Методы отбора и подготовки проб для химического анализа. ГОСТ 17.4.4.02.-84 [10].

Агрохимические показатели определялись согласно установленным государственным стандартам:

- Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО. ГОСТ 26212-85 [13].
- Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО. ГОСТ 26212-91 [12].
- Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена. ГОСТ 27821-88 [14].
- Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. ГОСТ 26207-91 [11].
- Анализ гумуса по И.В. Тюрину в модификации В.Н. Симакова [29].

Лабораторные анализы почвенных проб на биологические показатели выполнены по следующим методикам:

ВКР УлГУ

- Определение каталазной активности газометрическим методом по Галстяну;
- Определение инвертазной активности почвы фотоколориметрическим методом по Хазиеву.

ВКР УДГУ

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ

Государственный природный комплексный заказник «Салинский» представляет собой уникальную природную территорию, обеспечивающую целостность естественных сообществ и выполняющую функцию резервата для основных видов охотничьих ресурсов. Многообразие природных условий создает мозаику различных экотопов, влияющих на формирование почвенного покрова.

3.1. Характеристика вскрытых почвенных профилей

Изучение морфологии почв на территории Салинского заказника является крайне важным аспектом комплексного исследования его экосистем. Детальный анализ почвенных горизонтов позволяет получить информацию о генезисе почв, их физических и химических свойствах, а также о содержании питательных веществ и степени антропогенного воздействия. Эти данные являются основой для понимания экологического состояния заказника и выявления факторов, влияющих на его биоразнообразие.

Изучение почвенного профиля почв Салинского заказника является необходимой основой для разработки и реализации эффективной стратегии охраны его уникальных экосистем.

Анализ картографического материала [25] показал, что наиболее распространенными почвами Салинского заказника по старой Классификации почв (1977) являются: легкие сильноподзолистые; дерново-сильноподзолистые; аллювиальные болотные иловато-торфяные; дерново-глеевые и дерново-глееватые [20]. Однако применение современной классификации почв [50] вносит существенные коррективы в систематическое положение почв. В частности, песчаные почвы, ранее относимые к группе дерново-подзолистых и занимающие значительную площадь территории Салинского заказника, согласно новой классификации,

ВКР УлГУ

отнесены к отделу альфегумусовых почв [50]. Это свидетельствует о необходимости более детального анализа и уточнения таксономического положения почв Салинского заказника. Полученные данные подчеркивают важность пересмотра существующих почвенных карт заказника и проведения дополнительных полевых исследований для уточнения распространения и характеристик различных типов почв, что, в свою очередь, позволит более точно оценить экологическое состояние территории и разработать эффективные стратегии ее охраны и рационального использования.

В ходе исследования в типичном для заказника биотопе - сосняке-зеленомошнике (рис. 2), был заложен почвенный разрез (далее – разрез 1). Фото профиля приведено на рис. 3.

Рисунок 2 – Фото места закладки почвенного разреза 1 (Фото Н.Г. Зыкина)

Рисунок 3 - Строение почвенного профиля разреза 1

В исследуемой почве были выделены следующие генетические горизонты:

АТ – оторфованная подстилка из остатков зеленого мха, иголок, она плотно переплетается корнями, мощность - 4 см.

Серогумусовый горизонт АУ – светло-серый с рыже-охристыми редкими пятнами, свежий, песчаный, бесструктурный, рыхлый, корней среднее количество, его мощность составила – 4 см, переход в горизонт Е языковатый, заметный по цвету.

Подзолистый горизонт Е – белесо светло-серый, песчаный, бесструктурный, корней среднее количество, переход в BF языковатый. Его мощность составила – 3 см.

Альфегумусовый горизонт BF – рыжевато-коричневый, песчаный, рыхлый, бесструктурный, корней мало, мощность составила – 19 см, граница языковатая, переход постепенный по окраске.

ВКР УлГУ

Материнская порода С –переход по окраске от верхнего (более темная, неоднородная), бесструктурная, сыпучая, рыхлая, корней мало. Его мощность составила – 26 см. Переход в горизонт D резкий по плотности.

Подстилающая порода D – песчаная, структура плотная, сложение уплотненное с прослоями.

Следующий разрез был заложен на основе естественного обнажении (сформировано при строительстве дороги) в сосновом лесу (далее – разрез 2) (рис. 4). Фото профиля приведено на рис. 5.

Рисунок 4 – Фото места закладки почвенного разреза 2 (Фото Н.Г. Зыкина)

Рисунок 5 - Строение почвенного профиля разреза 2

Были выделены следующие генетические горизонты:

Серогумусовый горизонт AY – темно-серый, песчаный, бесструктурный, рыхлый, пронизан тонкими корнями сосны, его мощность составила – 13 см. Переход в горизонт EL резкий по цвету и структуре.

Подзолистый горизонт EL – белесый, бесструктурный, рыхлый, песчаный, корней среднее количество, мощность– 16 см. Переход в BEL постепенный.

Субэлювиальный горизонт BEL - буровато-палевый, неоднородный, рыхлый, структура слабоореховатая, непрочная, корней мало, его мощность составила – 24 см. Переход в С1 ясный, по уплотнению.

Материнская порода (верхняя) С1 – желтовато-бурая, бесструктурная, рыхлая, свежая, встречаются единичные корни и пятна гумусовых затеков (редко), мощность – 40 см. Переход в С2 постепенный.

Материнская порода (основная) С2 – светло-коричневая, бесструктурная, сыпучая, рыхлая, сухая, мощность – 35 см. Переход в D резкий по цвету и гранулометрическому составу.

ВКР УлГУ

Подстилающая порода D – серовато-бурая, структура комковато-плитчатая, сложение уплотненное, встречаются углистые частицы и железисто-марганцевые конкреции. Ее мощность составила – 30 см.

По результатам работы, почвы систематизированы по новой классификации [50]**.** Исследуемые почвы относятся к стволу постлитогенных почв, отделу – альфегумусовых почв, типу – дерново-подзолы, подтипу – иллювиально-железистые, разновидности – песчаные.

Данные почвы принадлежат к стволу постлитогенных почв, значит, процесс почвообразования идет на уже сформировавшейся почвообразующей породе, а аккумуляция свежего материала практически отсутствует.

Альфегумусовые почвы характеризуются наличием ярко выраженного альфегумусового горизонта - специфический хемогенный AL-Fe-гумусовый (альфегумусовый) горизонт BHF коричневых или охристо-бурых тонов. Окраска горизонта зависит от соотношения в нем органического вещества и оксидов Fe [50]. Преобладание гумуса придаёт горизонту тёмные черновато-коричневые оттенки, тогда как повышенное содержание оксидов железа делает окраску более светлой, охристо-рыжей или ярко-бурой. Таким образом, цвет горизонта служит визуальным индикатором баланса между накоплением органики и процессами ожелезнения в почве. Горизонт E (подзолистый) указывает на вынос железа и других соединений из верхних горизонтов, что типично для подзолистого процесса, но наличие горизонта BHF определяет принадлежность к альфегумусовому отделу.

Тип дерново-подзолы диагностируется по сочетанию серогумусового (дернового), подзолистого и иллювиально-железистой модификации альфегумусового горизонта. Распределение гумуса в профиле аккумулятивное. В составе гумуса резко преобладают фульвокислоты агрессивных фракций. Альфегумусовый горизонт характеризуется светло-желтой или буро-желтой окраской и низким (< 2%) количеством иллювиированного гумуса [50].

ВКР УлГУ

Третий разрез был заложен в молодом березняке (далее – разрез 3) (рис. 6). Доминирующая порода – береза. Преобладающая порода в подросте и во втором ярусе – ель. Сукцессия активная, березовый лес постепенно сменяется ельником. Фото профиля приведено на рис. 7.

Рисунок 6 – Фото места закладки почвенного разреза 3 (Фото Н.Г. Зыкина)

Рисунок 7 - Строение почвенного профиля разреза 3

В исследуемой почве были выделены следующие генетические горизонты:

Серогумусовый горизонт AY - серый с буроватым оттенком, песчаный, бесструктурный, рыхлый, густо пронизан корнями елового подроста и трав, его мощность составила – 3,5 см. Переход в горизонт BEL резкий по цвету и структуре, граница языковатая.

Субэлювиальный горизонт BEL – светло-бурый, рыхлый, песчаный, бесструктурный, корней мало, мощность – 27 см. Переход в B1: ясный по цвету, постепенный по структуре (языки белёсого материала уходят вниз по трещинам).

Текстурный горизонт BT1 - буровато-палевый, неоднородный, плотный, трещиноватый, на гранях структурных отдельностей — бурые и темно-коричневые пленки (илллювирование гумуса и полуторных оксидов), корней мало (в основном по трещинам), его мощность составила – 32 см.

Текстурный горизонт BT2 – коричневый с редкими ржавыми пятнами, очень плотный, вязкий во влажном состоянии, корни отсутствуют, его мощность составила – 24 см.

Оглеенная материнская порода Cg - сизовато-серая с редкими ржавыми пятнами, бесструктурная, рыхлая, мощность – 30 см.

ВКР УлГУ

Данная почва сформировалась на двучленных ПОП, поэтому на границе легких и тяжелых отложений, на глубине 34-40 см отмечается местами контактное осветление.

Исследуемая почва относятся к стволу постлитогенных почв, отделу – текстурно-дифференцированных почв, типу – дерново-подзолистые, подтипу – типичные и контактно-осветленные.

Почвы отдела диагностируются ясной минералого-гранулометрической дифференциацией профиля с обязательным присутствием горизонтов - элювиального, осветленного и облегченного по гранулометрическому составу, и текстурного. В группе типов солодей элювиальный и текстурный горизонты сочетаются с аккумулятивно-карбонатным.

Текстурно-дифференцированные почвы формируются преимущественно на рыхлых суглинистых и глинистых отложениях как относительно однородных по гранулометрическому составу, так и двучленных, в которых более легкий верхний нанос в пределах профиля подстилается более тяжелым [50].

Тип дерново-подзолистые диагностируется по наличию обособленного серогумусового (дернового) аккумулятивного горизонта, элювиального горизонта, который через переходный субэлювиальный горизонт сменяется текстурным горизонтом [50].

Кроме разрезов были заложены прикопки, в которых уточнялись почвенные типы. В целом можно отметить, что мощность гумусовых горизонтов колеблется от 3,5 и до 13 см. Мощность оподзоленных горизонтов (Е и EL) колеблется от 3 до 27 см.

Место закладки прикопки на верховом болоте приведено на рис. 8.

Рисунок 8 – Фото места закладки прикопки (Фото Н.Г. Зыкина)

На поверхности почвы располагается живой моховой покров. Постепенно с глубиной он переходит в олиготрофно торфяный горизонт.

ВКР УлГУ

Верховые болотные почвы (олиготрофные торфяные почвы) относятся к группе почв, формирующихся в условиях исключительно атмосферного увлажнения — питание осуществляется только за счёт дождевых и талых вод, бедных минеральными солями [6]. Это определяет их характерные свойства [6, 33, 38]**:** Реакция среды Сильнокислая (pH 2,5–3,6); Низкая зольность торфа (2,4–6,5%); Малая насыщенность основаниями. Верховые болотные почвы «Салинского» заказника имеют: сильнокислую реакцию среды, высокое содержание протонов водорода и алюминия в почве, низкое содержание катионов, очень низкое содержание подвижных соединений фосфора и калия, низкое содержание органического вещества.

Верховые болотные почвы развиваются в условиях застойного увлажнения под воздействием пресных или очень слабо минерализованных вод атмосферных осадков без влияния грунтовых вод [38]**.**

В Салинском заказнике сочетаются все необходимые факторы верхового болотообразования:

1. Избыточное увлажнение (климатическое — 550 мм осадков в год, и гидрологическое — за счёт слабого стока на водоразделах);

2. Слабодренированный рельеф (седловина между возвышенностями, слабовозвышенный ландшафт);

3. Кислые бедные породы (эоловые отложения плейстоцена — пески и супеси).

Агрохимические особенности различных почв и их горизонтов

Для подтверждения предварительных выводов о типе почв были проведены химические лабораторные исследования. Рассмотрим распределение агрохимических показателей по горизонтам в описанных разрезах. Распределение обменной и гидролитической кислотности по горизонтам в почвенных разрезах 1, 2 и 3 представлено на рис. 9А, Б.

ВКР УлГУ

Рисунок 9 - Распределение в почвенном профиле: А - обменной кислотности (ед. pH); Б – гидролитической кислотности (ммоль/100 г почвы)

Все три разреза демонстрируют кислую реакцию среды, особенно в верхних горизонтах, что характерно для почв лесных биоценозов.

Однако динамика изменения кислотности с глубиной и абсолютные значения pH_{KCl} различаются у разных типов почв.

Самые кислые гумусовые горизонты типичны для альфегумусовых почв – разрезы 1 и 2. Обменная кислотность в них составила 3,4 и 3,5 ед. pH соответственно. Гумусовый горизонт дерново-подзолистых почв в разрезе 3 имеет pH 4,1 ед. pH. Все это сильно кислые условия. Это отражает преобладание фульвокислот и интенсивность подзолообразования. В песчаных почвах (разрез 1 и 2) по сравнению с дерново-подзолистой почвой (разрез 3) реакция среды не такая кислая, так как процессы менее агрессивны.

В разрезах 1 и 2 (подзолы) наблюдается выраженная динамика снижения кислотности с глубиной, особенно заметная в Разрезе 1, где pH возрастает с 3,5 до 4,5 ед. pH в горизонте BH. Это резкий градиент отражает интенсивное выщелачивание верхних горизонтов и накопление Al-гумусовых комплексов в иллювиальном. В Разрезе 2 эта динамика менее выражена (повышение pH_{KCl} от 3,4 ед. pH в серогумусовом горизонте до 3,8 ед. pH в BH), что указывает на экстремально интенсивное и глубокое подкисление и вынос веществ в условиях обрыва. В Разрезе 3 (дерново-подзолистая почва), напротив, динамика pH с глубиной очень слабая, значения остаются в узком диапазоне 4,05-4,25 ед. pH. Это свидетельствует о более буферной системе и менее агрессивных процессах подзолообразования, где основные процессы гумусообразования приводят к накоплению более стабильных гуминовых кислот.

Высокая кислотность почвы (все горизонты имеют сильнокислую реакцию среды) связана с образованием значительного количества фульвокислот при разложении органики. Они растворимы и перемещаются

ВКР УлГУ

вниз по профилю, растворяя минеральную часть почвы. Образовавшиеся при почвообразовании протоны и фульваты изменяют нижележащие горизонты.

Наивысший показатель гидролитической кислотности в серогумусовом горизонте зафиксирован в Разрезе 2 (4,2 ммоль/100 г почвы). Это связано с тем, что данный разрез находится на обрыве — почва быстрее промывается и иссушается, растительность разрежена, а процессы гумификации идут по пути накопления наиболее агрессивных фракций органики. В Разрезе 3 (2,4 ммоль/100 г почвы) и Разрезе 1 (1,4 ммоль/100 г почвы) значения ниже, что объясняется более стабильным накоплением органического вещества.

В альфегумусовых подзолах (Разрез 1 — 3,5 ммоль/100 г почвы; Разрез 2 — 3,4 ммоль/100 г почвы) кислотность в горизонте Е высокая, что подтверждает интенсивный процесс выноса оснований. В дерново-подзолистой почве (Разрез 3) гидролитическая кислотность намного ниже (1,4 ммоль/100 г почвы), что указывает на меньшую агрессивность элювиального процесса на двучленных породах.

В горизонте ВН показатели всех разрезов сближаются (2,5–2,9 ммоль/100 г почвы), что свидетельствует об аккумуляции фульвокислот и соединений алюминия и железа, вымытых из верхних слоев.

Более высокое значение в материнской породе наблюдается в Разрезе 1 (5,85 ммоль/100 г почвы). Это может быть связано с внутрипочвенным геохимическим барьером на песках, где задерживаются кислые продукты почвообразования. В разрезах 2 и 3 значения в породе значительно ниже (1,7 и 1,9 ммоль/100 г почвы). Изначально на поверхности находился слой материнской породы (горизонт С), который трансформировался под влиянием биоклиматических факторов. Главный двигатель здесь — разложение растительного опада и образование органических кислот, которые перемещаются с водой, постепенно изменяя породу.

По данным литературы профили альфегумусовых и текстурно-дифференцированных почв не насыщены основаниями [50]. Это выявлено и

ВКР УлГУ

в исследуемой почве, так на рисунке 10А показано распределение суммы поглощенных оснований по почвенному профилю.

В Разрезе 1 (Типичный альфегумусовый подзол на песке) наблюдается катастрофически низкая, практически нулевая сумма оснований в большинстве горизонтов она менее 0,5 ммоль/100 г почвы. Это «эталон» промывного режима на песках: почвенный поглощающий комплекс (ППК) полностью разрушен или насыщен протонами водорода, а все основания вымыты за пределы профиля.

Несмотря на песчаный состав Разреза 2, значения здесь выше, чем в Разрезе 1 (AY=2,9 ммоль/100 г почвы, E=3,2 ммоль/100 г почвы). Однако динамика крайне нестабильна: к горизонту BH значения падают до 0,9 ммоль/100 г почвы, что подтверждает интенсивное вымывание. Более высокие значения в верхней части могут быть связаны с жизнедеятельностью растений, которые извлекают минеральные вещества снизу и при разложении высвобождают их, обогащая верхнюю часть профиля.

Рисунок 10 - Распределение в почвенном профиле: А - суммы поглощенных оснований (ммоль/100 г почвы); Б – степени насыщенности основаниями (%)

Разрез 3 (Дерново-подзолистая почва на двучлене) демонстрирует самые высокие показатели среди всех разрезов. Сумма оснований закономерно растет с глубиной: от 4,95 ммоль/100 г почвы в серогумусовом горизонте до 7,65 ммоль/100 г почвы в материнской породе. Это свидетельствует о гораздо более высокой емкости поглощения и лучшей сохранности минерального богатства почвы. Породы двучленные – сверху бедный элементами песчаный слой. Минимум– в элювиальном горизонте.

В Разрезах 1 и 2 (пески) крайне низкая удельная поверхность частиц. Песок не способен удерживать катионы. В Разрезе 3 (двучленные породы) наличие более тяжелых по механическому составу слоев (глинистых/суглинистых прослоев в двучлене) создает физико-химический

ВКР УлГУ

барьер. Глинистые минералы обладают высокой емкостью поглощения, что объясняет значения S в 7-15 раз выше, чем в подзолах.

В сосняках на песках образуются преимущественно фульвокислоты (ФК). Они крайне агрессивны и растворимы. ФК образуют с основаниями подвижные хелатные комплексы, которые мгновенно вымываются вниз по профилю. В Разрезе 1 мы видим финал этого процесса — абсолютное обеднение.

Исходные почвообразующие породы песчаного состава уже бедны элементами минерального питания, а почвенный профиль под влиянием миграции обедняется еще значительней.

Если рассмотреть степень насыщенности основаниями по профилю у разрезов 1 и 2 (рис.10Б), становится очевидным процесс выщелачивания катионов в ходе почвообразующих процессов. Весь почвенный профиль разрезов 1 и 2 имеет низкую насыщенность основаниями.

В Разрезе 1 наблюдается предельное истощение. На бедных песках «мест» для сорбции и так крайне мало (дефицит глины), а те, что были, полностью захвачены протонами водорода. В горизонте E (11,79%) зафиксирован небольшой показатель, что характерно для зоны вымывания: здесь идет интенсивное разрушение минералов, и кратковременно высвобождающиеся крохи оснований создают этот «шум», хотя общее количество мест сорбции здесь минимально.

Разрез 2 показывает более высокую насыщенность, чем первый разрез (41–48% вверху). Однако в горизонте BH виден провал до 23,56%. Это результат работы фульвокислот: они вымывают основания из верхних слоев, но в BH их концентрация и агрессивность максимальны, что ведет к вытеснению оснований. Высокое значение в D (72,58%) подтверждает, что материнская порода сохранила часть элементов в неизменном виде, т.к. процессы почвообразования здесь не идут.

Разрез 3 демонстрирует низкую насыщенность (67–72%), с пиком в породе C (80,53%). В отличие от подзолов, здесь ППК обладает огромным

ВКР УлГУ

количеством «мест» для катионов благодаря наличию глинистых минералов в нижележащей глинистой породе (подстилающей песок) и высокому содержанию гумуса. Наличие двучленной породы (где верхний слой — песок, а нижний — глина) и активный дерновый процесс создают мощный ППК. Глинистые минералы и гуминовые кислоты (ГК) формируют огромное количество сорбционных площадок. ГК менее подвижны, они «приклеивают» кальций и магний к минеральным частицам. Поскольку распределение протонов здесь фактически равномерное, ППК не испытывает кислотного стресса и надежно удерживает основания по всему профилю.

В песке Разреза 1 крайне мало глинистых минералов, а значит — почти нет мест для сорбции. Фульвокислоты (ФК) легко «выбивают» основания из этого слабого ППК. В горизонте AY (0%) это микрофлора продуцирует столько ФК, что они мгновенно оккупируют все доступные места. В горизонте E количество сорбционных мест классически минимально из-за разрушения минералов.

Обрыв и песок в Разрезе 2 обуславливают быструю промывку. Но фактор «свежести» породы C на обрыве (механическое обновление) позволяет ППК сохранять больше оснований (44,7%), чем в типичном подзоле. Однако в горизонте вмывания (BH) ФК всё равно доминируют, снижая насыщенность до 23%.

Процессы миграции элементов питания в профиле хорошо иллюстрируют рисунки 11А, Б, на которых показано распределение подвижных соединений фосфора и калия.

Разрез 1 демонстрирует классическое элювиально-иллювиальное перераспределение. В верхних горизонтах (AY=7 мг/кг, E=9 мг/кг) наблюдается дефицит фосфора из-за его вымывания (очень низкое содержание). Однако в горизонте BH и материнской породе C происходит резкий скачок до 63–66 мг/кг (среднее содержание).

ВКР УлГУ

Рисунок 11 - Распределение в почвенном профиле: А - подвижных соединений фосфора (мг/кг); Б – подвижных соединений калия (мг/кг)

В горизонте Е Разреза 2 содержание падает до минимума (8 мг/кг), а в горизонте С достигает 118,5 мг/кг. Высокое содержание в породе при крайне низком в элювии подтверждает интенсивное перемещение элементов вниз по профилю. На обрыве (разрез 2) процесс идет быстрее из-за лучшей аэрации и промывного режима. Растения здесь растут хуже, а значит, биологический вынос фосфора минимален.

В отличие от подзолов в Разрезе 3, здесь распределение стабильное и равномерное. Значения колеблются в узком диапазоне от 11 до 23,25 мг/кг. В Разрезе 3 обменные процессы сбалансированы. Распределение здесь фактически равномерное. Это связано с тем, что гуминовые кислоты создают более устойчивые и менее подвижные соединения с фосфором. Значение 23 мг/кг в горизонте AY — это результат работы дернового процесса. Растения забирают фосфор из нижних слоев и возвращают его на поверхность с опадом, удерживая его в верхнем слое.

Разрез 1 демонстрирует очень низкие значения по всему профилю (от 10 до 20 мг/кг). Небольшой максимум в горизонте AY (20 мг/кг сменяется постепенным убыванием к породе С (10 мг/кг). Это картина классического «бедного» подзола на песках, где калий практически не удерживается. Фульвокислоты в условиях легких песков беспрепятственно вымывают калий. Низкие значения (10–20 мг/кг) говорят о том, что растения забирают калий, но из-за бедности песков и промывного режима он не успевает накапливаться в AY.

Разрез 2 показывает низкие значения. В верхнем горизонте AY содержание калия — 60 мг/кг. Однако в иллювиальном горизонте BH значение падает до 0.

ВКР УлГУ

Разрез 3 также характеризуется низкой обеспеченностью в верхней части профиля. Пик приходится на горизонт EL— 70 мг/кг, а в горизонте AY — 40 мг/кг. С глубиной содержание падает до 11,75 мг/кг.

Окисление органики без накопления гумусовых веществ типично для данных почв.

Распределение гумуса в разных горизонтах исследуемой почвы показано на рис 12.

Разрез 2 имеет повышенное содержание гумуса в серогумусовом горизонте (7.6%), что не типично для данных почв и говорит о накоплении неразложившейся, «грубой» органики, которая не перемешивается с минеральной частью. Это типично для сухих подзолов, где из-за дефицита влаги микробиологические процессы замедлены. На обрыве процесс промывания идет еще быстрее. Низкие значения в BH (0,25%) и C (0,15%) подтверждают, что органика здесь практически не закрепляется, превращая почву в «пустой» минеральный скелет под тонким слоем накопленного опада.

Рисунок 12 - Распределение в почвенном профиле гумуса (%)

В горизонте AY Разреза 3 гумус = 4,82%, что является отличным показателем для лесных почв. Уникальность этого разреза в горизонте EL (2,6%) и особенно в горизонте C (2,15%). Это в 10–14 раз больше, чем в аналогичных глубинных слоях подзолов. Разрез 3 заложен на двучленных породах. Более тяжелый слой на глубине работает как барьер, замедляя вымывание.

Разрез 1 имеет самые низкие показатели в верхнем слое — 3,21%. Гумусовый профиль здесь «короткий»: уже на глубине горизонта E содержание падает до 0,83% и продолжает снижаться. В условиях песчаного состава и высокой кислотности альфегумусовых подзолов образуются фульвокислоты. Они очень подвижны и легко растворимы. В Разрезах 1 и 2 ФК стремительно промывают профиль, унося с собой продукты распада

ВКР УлГУ

органики. Песок не способен удерживать гумусовые вещества. Поэтому в Разрезе 1 происходит падение содержания гумуса почти в 4 раза уже во втором горизонте.

Биологические показатели различных почв и их горизонтов

Биологическая активность почв является важнейшим диагностическим признаком, отражающим интенсивность биохимических процессов и общее экологическое состояние различных генетических горизонтов. Рассмотрим степень обогащенности почв некоторыми ферментами по горизонтам:

Изменение степени обогащенности почв ферментом инвертазой в разных горизонтах показано на рис.13А.

Рисунок 13 – Изменение степени обогащенности почв ферментом: А - инвертазой (мг глюкозы на 1 г за 24 ч); Б –каталазой (O_2 $см^3$/г за 1 мин)

Инвертазная активность в почве является индикатором общей биологической активности, связанной с микроорганизмами и корнями растений. Как правило, активность ферментов наиболее высока в верхних, наиболее обогащенных органическим веществом и живыми организмами горизонтах, и снижается с глубиной. Во всех разрезах степень обогащенности почв инвертазой характеризуется как очень бедная. Это связано с высокой кислотностью почвы, кислый опад ели, большое число ФК и условия подзолообразования ингибируют активность большинства бактерий и их и ферментов, активно в такой почве работают только грибы.

Разрез 1 демонстрирует поразительную стабильность активности по всему профилю. Значения колеблются в узком диапазоне от 4,56 до 4,73 мг глюкозы на 1 г за 24 ч. Песчаная толща не создает барьеров, позволяя ферментам и субстрату распределяться по вертикали практически беспрепятственно.

ВКР УдГУ

В горизонте AY Разреза 2 активность инвертазы составляет всего 1,07 мг глюкозы на 1 г за 24 ч — это минимальное значение среди всех разрезов. Однако с глубиной степень обеспеченности почвы инвертазой изменяется незначительно и характеризуется как очень бедная. Несмотря на то, что в этом разрезе был зафиксирован высокий процент гумуса в AY (7,6%), степень обогащенности почвы инвертазой оценивается как очень бедная (1,07 мг глюкозы на 1 г за 24 ч). Это подтверждает вывод о том, что органика в почве – это грубый опад, который не разлагается.

Разрез 3 показывает наивысшие абсолютные значения в средней и нижней частях профиля. Пик активности приходится на иллювиальный горизонт BT — 5,18 мг глюкозы на 1 г за 24 ч, что является абсолютным максимумом исследования, но характеризуется как бедная степень обогащенности ферментом. В породе C активность сохраняется на высоком уровне (4,945 мг глюкозы на 1 г за 24 ч). Подстилающая порода (более плотная) удерживает влагу и питательные вещества, вымываемые из верхних горизонтов. Именно поэтому в горизонте BT (5,18 мг глюкозы на 1 г за 24 ч) и ниже наблюдается всплеск активности. Это зона, где встречаются влага, стабильный pH и принесенная сверху органика.

Изменение фермента каталазы в разных горизонтах исследуемой почвы показано на рисунке 13Б.

Каталаза – фермент, катализирующий распад перекиси водорода (H_2O_2) на воду и кислород. Ее активность в почве тесно связана с жизнедеятельностью аэробных микроорганизмов, корней растений и других биологических объектов. Соответственно, ожидается, что каталазная активность будет максимальной в верхних, наиболее обогащенных органическим веществом и живыми организмами горизонтах, и будет снижаться с глубиной по мере уменьшения биомассы и органического вещества. Во всех разрезах степень обогащенности почв каталазой также характеризуется как очень бедная.

ВКР УдГУ

Максимум в горизонте AY Разреза 1 (0,65 O_2 $см^3/г$ за 1 мин), резкое падение в E (0,35 O_2 $см^3/г$ за 1 мин) и практически полное прекращение активности в нижних слоях: C (0,15 O_2 $см^3/г$ за 1 мин) и D (0,05 O_2 $см^3/г$ за 1 мин). Это самая биологически «бедная» почва из трех. Песчаная порода не обладает поглотительной способностью. Образующиеся фульвокислоты агрессивно промывают профиль. Поскольку песок «пустой», микробиологическая жизнь (и каталазная активность) сосредоточена только в самом верхнем слое, где есть хоть какая-то органика. В горизонте D (0,05 O_2 $см^3/г$ за 1 мин) жизнь практически отсутствует — это чистый кварцевый песок.

Разрез 2 имеет более высокие значения, чем Разрез 1. В AY активность 1,2 O_2 $см^3/г$ за 1 мин, затем провал в горизонте вымывания E (0,35 O_2 $см^3/г$ за 1 мин) и существенный рост в иллювиальной толще и породе: BH (0,8 O_2 $см^3/г$ за 1 мин), C (0,75 O_2 $см^3/г$ за 1 мин) и D (0,7 O_2 $см^3/г$ за 1 мин). В AY (1,2 O_2 $см^3/г$ за 1 мин) высокая активность связана с накоплением органики, которая из-за сухости на обрыве разлагается медленно, но служит домом для микробов-аэробов. Сильное промывание на обрыве выносит ферменты из горизонта E (0,35 O_2 $см^3/г$ за 1 мин) глубже. В горизонтах BH и C (0,8–0,75 O_2 $см^3/г$ за 1 мин) активность выше, чем в типичном подзоле, потому что там аккумулируются вымытые сверху органические вещества и продукты метаболизма.

В Разрезе 3 наблюдается активность в AY (1,6 O_2 $см^3/г$ за 1 мин) — результат работы гуминовых кислот, которые закрепляются в почве, создавая стабильную среду для микробиоты. Значение в горизонте C (1,65 O_2 $см^3/г$ за 1 мин) — самое высокое в исследовании, но характеризуется как бедная степень обогащенности ферментом. Двучленная порода выступает как преграда. Здесь скапливается влага и питательные вещества, вымытые сверху.

ВКР УлГУ

Агрохимические и биологические показатели верхних горизонтов почв заказника

Агрохимические показатели почв являются важнейшим источником информации для принятия обоснованных решений в самых разных сферах деятельности человека, связанных с использованием и охраной земель. В первую очередь, агрохимические показатели характеризуют плодородие почв.

Верхние горизонты почвы являются наиболее активной зоной почвообразования, где сосредоточено большинство органического вещества, питательных веществ и почвенной биоты. Анализ содержания основных элементов питания растений (фосфор, калий, микроэлементы), кислотности (pH, Hг), а также содержания гумуса позволяет оценить потенциальную продуктивность почвы и ее способность обеспечивать жизнедеятельность растительных сообществ. Это особенно важно для заказника, где необходимо отслеживать состояние естественных экосистем и предотвращать их деградацию. Также верхние горизонты наиболее восприимчивы к антропогенному воздействию: загрязнению, эрозии, закислению, изменению водного режима. Агрохимический анализ может выявить наличие загрязняющих веществ (тяжелые металлы, пестициды и др.), изменение реакции среды (pH) и содержания гумуса – признаки антропогенной нагрузки. Это позволяет оценить степень негативного влияния человека на экосистемы заказника. Данные об агрохимическом состоянии верхних горизонтов являются основой для разработки обоснованных рекомендаций по управлению территорией, включая планирование мер по сохранению биологического разнообразия и предотвращению деградации почв. Например, низкое содержание гумуса может указывать на необходимость внедрения мер по сохранению органического вещества в почве (например, запрет на заготовку древесины, нарушение напочвенного покрова и сбор растений).

ВКР УлГУ

Столь же важен анализ ферментативной активности. Ферменты – это катализаторы всех биохимических реакций, протекающих в почве, и их активность является прямым индикатором интенсивности и направленности микробиологических процессов. Каталаза, инвертаза, уреаза и другие ферменты отражают дыхание микроорганизмов, разложение органического вещества, процессы нитрификации и денитрификации, трансформацию фосфорных соединений. Изучение ферментативной активности в верхних горизонтах почв заказника позволяет нам оценить общую биологическую активность и "жизненность" почвы; интенсивность круговорота питательных веществ; способность почвы к самоочищению и устойчивости к стрессам; реакцию экосистемы на внешние изменения.

Проанализировав агрохимические показатели верхних горизонтов почв заказника (табл. 1), можно сказать, что эти почвы в среднем имеют сильнокислую реакцию среды (pH_{KCl} = 4,10 ± 0,13 ед. pH).

Разброс значений pH_{KCl} почв заказника (от 2,9 до 5,2 ед. pH) от сильнокислого до слабокислого свидетельствует о неоднородности почвенного покрова. Крайне кислая реакция (2,9 ед. pH) может быть связана с образованием в почве значительного количества органических кислот (например, фульвокислот в результате разложения органического вещества микромицетами). Интенсивное вымывание катионов (кальция, магния, калия и др.) из почвенного профиля в условиях интенсивного выщелачивания приводит к накоплению в почве преимущественно водородных ионов (H+), повышая кислотность. Это характерно для дерново-подзолов и дерново-подзолистых почв.

Таблица 1 – Результаты статистической обработки агрохимических показателей и биологической активности верхних горизонтов почв заказника

ВКР УлГУ

Верховые болотные почвы имеют сильнокислую реакцию среды (pH 2,5–3,6). Слабокислая реакция среды (5,2 ед. pH) может быть обусловлена присутствием карбонатов кальция или магния в почве (в том числе поступающих в результате деятельности человека), это буферизует кислотность, повышая pH_{KCl}.. Тем не менее почвы заказника остаются кислыми. Соотношение почв заказника по содержанию обменной кислотности представлено на рис. 14. Наиболее распространенные на территории заказника сильнокислые (58%) почвы.

Рисунок 14 - Соотношение почв заказника по обменной кислотности

Содержание протонов водорода и алюминия в почве высокое (Нг = 21,0 ± 9,0 ммоль/100 г почвы), при этом минимум равен 1,4 ммоль/100 г почвы, а максимум превышает значение 145,0 ммоль/100 г почвы.

Низкая гидролитическая кислотность свидетельствует о поступлении в почвы значительного числа органических кислот, образующихся в почвообразовательных процессах. Это может быть связано с отсутствием карбонатов кальция или магния в почве, которые нейтрализуют кислотность. Высокая гидролитическая кислотность указывает на преобладание ионов водорода (H^+) и алюминия в почве. Это может быть вызвано тем, что почва образовалась на кислых породах, бедных основаниями. А также процессами интенсивного вымывания оснований из почвы атмосферными водами, что усиливается при песчаном составе почв.

Соотношение почв заказника по содержанию гидролитической кислотности представлено на рис 15. Высокая и средняя гидролитическая кислотность в равной степени преобладают на данной территории, составляя по 46%.

Рисунок 15 - Соотношение почв заказника по гидролитической кислотности

Для верхних горизонтов почв заказника характерно низкое содержание катионов (S = 5,7 ± 1,0 ммоль/100 г почвы), вплоть до их отсутствия (0

ВКР УдГУ

ммоль/100 г почвы). Полное отсутствие обменных катионов в некоторых образцах свидетельствуют о том, что все катионы вымыты из почвенного поглощающего комплекса, т.к. происходит сильное выщелачивание. Максимум обменных оснований отмечен для почв залежи – 14,4 ммоль/100 г почвы. Высокое содержание суммы поглощенных катионов указывает или на высокое плодородие почвы, или на наличие большого количества обменных оснований, поступающих с загрязнениями. Присутствие только низких значений (100%) указывает на общий дефицит питательных веществ для почв заказника.

Общая ёмкость поглощения в верхних горизонтах меняется медленно, поэтому низкое содержание катионов почти всегда ведёт к низкой степени насыщенности основаниями. Мало оснований — мала и их доля.

Степень насыщенности основаниями также характеризуется как низкая (V = 57,1 ± 5,1 %). Данный показатель варьирует от 22,5 до 85,6 %.

Подавляющая часть территории (67%) характеризуется низкой степенью насыщенности основаниями.

Средняя степень насыщенности основаниями (33%) отмечена на залежах (внесение удобрений увеличило степень насыщенности основаниями). Данные особенности будут рассмотрены ниже.

В условиях заказника, где природные процессы протекают без значительного антропогенного вмешательства, подвижные формы фосфора и калия определяют продуктивность растительного покрова, устойчивость сообществ и интенсивность биологических циклов. Подвижный фосфор важен для энергетического обмена, фотосинтеза и развития корневой системы, тогда как калий регулирует водный баланс растений, повышает их устойчивость к стрессам и участвует в синтезе белков.

Содержание подвижных соединений фосфора в среднем в почвах заказника – низкое (P_2O_5 = 26,3 ± 5,8 мг/кг почвы), минимум фосфора – 5,0 мг/кг почвы, максимум – 150,0 мг/кг почвы. Полное отсутствие подвижного фосфора указывает на недоступность элемента для растений. Возможные

ВКР УлГУ

причины – это крайне бедная фосфором материнская порода, интенсивное выщелачивание, также фосфор может быть необменно связан в почве, образуя нерастворимые соединения, недоступные для растений. Это может быть связано с составом почвы (почвы заказника кислые с высоким содержанием железа и алюминия). Высокое содержание подвижного фосфора может быть следствием добавления фосфорного удобрения, так как часть исследуемых почв относится залежам, а фосфорные удобрения не водорастворимые и остаются в почвах на значительный срок.

Соотношение почв по содержанию подвижных соединений фосфора представлено на рис. 16.

Очевидно, что 92% почв, имея очень низкое и низкое содержание, не могут обеспечить растения достаточным количеством фосфора.

Рисунок 16 - Соотношение почв заказника по содержанию подвижных соединений фосфора

Содержание подвижных соединений калия в среднем – низкое (K_2O = 70,0 ± 6,4 мг/кг почвы). Минимум калия – 20,0 мг/кг почвы, максимум - 135,0 мг/кг почвы. Низкое содержание подвижного калия свидетельствует о том, что материнская порода была бедна калием, а в результате выщелачивания его содержание снизилось еще значительней. Повышенное содержание подвижного калия указывает на то, что почва могла быть загрязнена (противогололедные смеси, подкормки, соль копытных в зимнее время). Соотношение почв по содержанию подвижных соединений калия представлено на рис. 17. Почвы заказника более богаты доступным растениям калием, тем не менее их большая часть лишена достаточного количества обменного калия (53%).

Рисунок 17 - Соотношение почв заказника по содержанию подвижных соединений калия

ВКР УлГУ

Гумус является одним из наиболее значимых индикаторов состояния почв, особенно в условиях особо охраняемых природных территорий, таких как исследуемый заказник. Гумус, образующийся в результате разложения органических остатков и синтеза новых сложных соединений, определяет структуру почвы, ее водоудерживающую способность, емкость катионного обмена и, что наиболее важно, является основным источником и депо для всех жизненно важных питательных элементов растений. Кроме того, он играет ключевую роль в углеродном цикле экосистемы, выступая как основной накопитель углерода в почве.

Для почв заказника характерно среднее содержание гумуса. Значительный разброс содержания гумуса (от 1,19% до 8,39%) при среднем значении 4,42 ± 0,45 % указывает на существенную пространственную неоднородность почв по этому показателю. Низкое содержание гумуса может быть связано с низкой продуктивностью растительности, недостатком растительных остатков, слабым развитием почвенной фауны, способствующей разложению органического вещества или быстрым разложением органического вещества, а также бедность материнской породы. При разложении с образованием фульвокислот, последние мигрируют вниз по профилю и не копятся в верхнем слое. Высокое содержание гумуса свидетельствует о высокой продуктивности растительности на определенном участке, обильное поступление растительных остатков, особенно в условиях замедленного разложения. Такие условия благоприятствуют росту доли нерастворимых гуминовых кислот в его составе. Соотношение почв по содержанию гумуса представлено на рис. 18.

Рисунок 18 - Соотношение почв заказника по содержанию гумуса

ВКР УлГУ

В заказнике преобладают почвы со средним содержанием гумуса — 41 %. Почвы с низким и повышенным содержанием гумуса представлены в равных долях и составляют по 27 %.

Помимо анализа агрохимических показателей верхних горизонтов почв заказника также необходимо оценить степень обогащенности почв некоторыми ферментами (табл. 1). Для заказника, где осуществляется баланс между сохранением естественных экосистем и их функционирования и регулируемой хозяйственной деятельностью, анализ содержания ферментов, таких как каталаза и инвертаза, в верхних горизонтах почв имеет колоссальное значение и дополняет традиционные агрохимические показатели следующим образом:

Традиционные агрохимические показатели (содержание гумуса, азота, фосфора, калия, pH) дают представление о запасах питательных веществ и потенциальном плодородии почвы. Они характеризуют статус почвы. Однако они не всегда отражают динамику процессов, интенсивность биологической активности и функциональное состояние почвенного микробиома. Именно для оценки этих динамических и функциональных аспектов необходим анализ почвенных ферментов.

Инвертаза (сахараза) катализирует гидролиз сахарозы (и других дисахаридов) до глюкозы и фруктозы. Это один из ключевых ферментов в цикле углерода, отвечающий за начальное расщепление легкодоступных углеводов. Его активность отражает интенсивность процессов разложения свежего органического вещества (например, растительных остатков) и доступность углеродных источников для микроорганизмов. Это прямой показатель интенсивности первичного разложения органического вещества.

Верхние горизонты почв заказника характеризуются как очень бедные по степени обогащенности ферментом инвертазой (2,17 ± 0,39 мг глюкозы на 1 г за 24 ч). Данный показатель варьирует от 0,49 до 4,56 мг глюкозы на 1 г за 24 ч. Присутствие только очень низких значений (100%) связано с составом растительности, которая в основном представляет собой клетчатку. Для ее

ВКР УлГУ

разложения в первую очередь необходима активность целлюлазы, и только после этого образуются легкоразлагаемые сахара, являющиеся субстратом для инвертазы. Таким образом, низкие значения инвертазы могут указывать на преобладание трудноразлагаемых растительных остатков и/или на очень медленные темпы их деструкции.

Каталаза разлагает перекись водорода на воду и кислород. Перекись водорода постоянно образуется в процессе жизнедеятельности аэробных микроорганизмов и растений и является токсичной. Высокая активность каталазы свидетельствует об интенсивных окислительно-восстановительных процессах, хорошей аэрации почвы и высокой активности аэробной микрофлоры. Это показатель "дыхания" почвы.

Почвы заказника по степени обогащенности ферментом каталазой относят к бедным. При среднем значении 1,80 ± 0,26 O_2 см^3/г за 1 мин, максимум соответствует значению 4,60 O_2 см^3/г за 1 мин, минимум – 0,25 O_2 см^3/г за 1 мин. Соотношение почв по степени обогащенности ферментом каталазой представлено на рис. 19.

Рисунок 19 – Соотношение почв заказника по степени обогащенности ферментом каталазой

Подавляющая часть почв заказника (84%) характеризуются как "бедная" или "очень бедная" по содержанию каталазы, что является сильным индикатором общего угнетения микробной активности. Поскольку каталаза также в основном синтезируется почвенными микроорганизмами (а также корнями растений), общая низкая численность и активность микрофлоры неизбежно приведет к низкой активности каталазы. Если микроорганизмов мало или они неактивны, они не будут производить достаточно ферментов.

Кислая реакция среды ингибирует активность фермента каталазы и подавлять рост многих аэробных микроорганизмов, которые её производят. Песчаные почвы, сосняки о скудным опадом, отсутствие травянистого яруса в

ВКР УлГУ

лесу – все это минус для работы микробов почвенной биоты, вероятно, из-за неблагоприятных экологических условий, которые ограничивают как общую микробную активность, так и специфические аэробные процессы. Это сигнализирует о замедленных процессах самоочищения и низкой способности к быстрому разложению органических веществ в экосистеме.

По результатам определения агрохимических показателей и биологической активности верхних горизонтов почв заказника мы выявили значительный разброс показателей, который может быть связан с различиями в условиях среды и растительности. Исходя из этого, мы поделили почвенные пробы на естественные биотопы и залежи и проверили, как вырубка леса и распашка почв, даже после ее прекращения влияет на почвенные характеристики.

3.2. Характеристика почв естественных биотопов

Почвы естественных биотопов (лесов, степей, болот, тундр, пустынь) формируются под воздействием природных факторов без антропогенного вмешательства и служат эталоном для сравнения с нарушенными постагрогенными почвами.

С агрохимической точки зрения естественные биотопы характеризуются замкнутым биологическим круговоротом элементов: питательные вещества почти полностью возвращаются в почву с растительным опадом, а их доступность зависит от гумусового состояния, реакции среды, емкости катионного обмена и содержания подвижных форм азота, фосфора, калия. Биологическая компонента включает высокоразнообразную микробиоту (бактерии, грибы, актиномицеты) с вертикальной стратификацией и сезонной динамикой, а также почвенную фауну — от нематод и коллембол до дождевых червей, клещей, муравьев и термитов. Эти организмы обеспечивают деструкцию опада, гумификацию, создание водопрочной структуры (копролиты), биотурбацию и ферментативную активность (уреазы, фосфатазы, целлюлазы). Таким

ВКР УлГУ

образом, изучение агрохимических и биологических характеристик почв естественных и залежных биотопов позволяет понять механизмы саморегуляции экосистем и оценить степень деградации почв при антропогенном воздействии. Мы рассмотрели агрохимические и биологические показатели почв естественных биотопов, данные статистической обработки приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты статистической обработки агрохимических показателей и биологической активности верхних горизонтов почв естественных биотопов

Проанализировав показатели почвенных проб, можно сказать, что естественные почвы в среднем имеют сильнокислую реакцию среды (pH_{KCl} = 4,02 ± 0,15 ед. pH). Минимум равен 3,30 ед. pH, это указывает на наличие участков с крайне высокой кислотностью. Такая высокая кислотность может быть связана с локальными факторами, такими как скопление органических веществ, наличие кислых минералов или специфические условия дренажа. Она может негативно влиять на рост некоторых растений и жизнедеятельность почвенной биоты. Максимум соответствует значению 5,20 ед. pH, такое значение показывает, что на других участках почвы естественных биотопов кислотность существенно ниже, имея слабокислую реакцию. Различие может быть связано с неоднородностью почвенного покрова, влиянием человека, различиями в растительном покрове в отдельных точках отбора проб.

Гидролитическая кислотность почв естественных биотопов – высокая (Нг = 5,4 ± 0,7 ммоль/100 г почвы), при этом минимум равен 1,4 ммоль/100 г почвы. Максимум соответствует значению 11,2 ммоль/100 г почвы. Высокая Нг свидетельствует о значительном содержании обменных ионов водорода и алюминия, которые негативно влияют на питательный режим почвы. Именно в таких кислых условиях формируются альфегумусовые почвы: под действием кислотного гидролиза разрушаются первичные минералы, а высвободившиеся

ВКР УлГУ

железо и алюминий связываются с органическим веществом. Образующиеся органоминеральные комплексы (альфегумус) мигрируют вниз по профилю, формируя иллювиальный горизонт. В кислой среде эти комплексы становятся малоподвижными и накапливаются, что определяет специфический облик альфегумусовых почв. Высокое содержание обменных ионов водорода и алюминия негативно влияет на питательный режим почвы. Это может быть связано с накоплением органического вещества, вымыванием оснований или влиянием других факторов, таких как тип материнской породы.

Отмечено низкое содержание катионов в почвах (средняя S = 4,4 ± 1,0 ммоль/100 г почвы). Все исследуемые участки имеют низкую сумму поглощенных оснований. Такое низкое содержание питательных веществ может свидетельствовать о сильном выщелачивании, эти участки характеризуются высокой кислотностью и низким плодородием. Даже максимальные значения – 12,1 ммоль/100 г почвы все равно характеризует почвы как бедные катионами, повышение количества элементов питания может быть связано с накоплением органического вещества, или локальными источниками поступления катионов.

Среднее значение степени насыщенности основаниями 52,8 ± 6,7 % является низким показателем для большинства почвенных типов. Для естественных биотопов, особенно лесных, где преобладают процессы выщелачивания и накопление кислой органики (хвоя, торф), такие значения довольно типичны. Минимум соответствует значению 22,5 %, почвы на таком участке характеризуются высоким содержанием обменных ионов водорода и алюминия, что свидетельствует о высокой кислотности и низком плодородии. Растения на таких участках испытывают дефицит питательных веществ, а почва имеет ограниченную буферную емкость. Максимум равен 85,6 % и отмечен на территории, занятой ельником-зеленомошником.

В почвах естественных биотопов заказника в среднем содержание подвижных соединений фосфора – очень низкое (P_2O_5 = 19,5 ± 2,5 мг/кг почвы). Содержание подвижных форм фосфора на территории колеблется от

ВКР УлГУ

5,0 до 39,0 мг/кг почвы. Очень низкое значение фосфора, может быть вызвано сильным выщелачиванием, фиксацией фосфора в недоступные формы или другими почвенными процессами. Такие участки будут иметь крайне низкое плодородие**.** Максимум (39,0 мг/кг) все еще относится к категории низкого содержания фосфора, это значение указывает на участки, где доступность этого элемента для растений несколько выше. Разница между минимумом и максимумом очень незначительна. Дефицит данного макроэлемента типичен для почв заказника.

Среднее содержание подвижных форм калия – низкое (K_2 O = 69,7 ± 9,1 мг/кг почвы). Такая ситуация типична для естественных, ненарушенных лесных экосистем, где интенсивный вынос калия растительностью и замедленное поступление его из материнских пород или опада не компенсируются искусственным внесением. Минимум соответствует – 20,0 мг/кг почвы. На таких участках дефицит калия является одним из лимитирующих факторов для роста растений и развития микробных сообществ. Это может проявляться в замедленном росте растительности, ее более слабом развитии, повышенной чувствительности к болезням и неблагоприятным условиям среды. Причиной такой низкой концентрации может быть то, что почвы сформированы на материнских породах, изначально бедных калийсодержащими минералами. Также на легких (песчаных) почвах заказника калий активно вымывается. Максимум составил 135,0 мг/кг почвы - это значение относится к повышенному содержанию калия и отмечено на участке, занятом ельником с примесью пихты и березы. Береза известна своей способностью эффективно аккумулировать калий в своей биомассе и возвращать его в почву с листовым опадом. Листья березы, как и других лиственных пород, обычно содержат значительно больше калия и разлагаются быстрее, чем хвоя ели и пихты. Более быстрый оборот питательных веществ в подстилке из смеси хвои и листвы способствует более интенсивному высвобождению калия. Хотя ель и

ВКР УлГУ

пихта вносят в подстилку хвою, которая разлагается медленнее, их корневые системы также активно участвуют в поглощении калия. Присутствие березы в ельнике, таким образом, может существенно улучшать общий круговорот калия в данном биотопе.

Содержание гумуса в почвах естественных биотопов повышенное (5,21 ± 0,59 %), минимум равен 1,19 %, максимум – 8,39%. Низкое содержание органического вещества может быть связано с различными факторами, такими как слабое накопление органического материала (например, из-за недостатка растительного опада или быстрого разложения), сильное выщелачивание или другие особенности почвообразовательных процессов. Наличие участков с высоким содержанием органических веществ свидетельствует о благоприятных условиях для накопления и сохранения органического вещества. Это может быть связано с хорошим накоплением растительного опада, медленным разложением, специфическими условиями увлажнения и другими факторами, способствующими как торфо-, так и гумусонакоплению. Такие участки, как правило, более плодородны.

Почвы естественных биотопов заказника характеризуются как очень бедные по степени обогащенности ферментом инвертазой (2,98 ± 0,60 мг глюкозы на 1 г за 24 ч). Данный показатель варьирует от 1,07 до 4,56 мг глюкозы на 1 г за 24 ч. Присутствие только очень низких значений связано с естественными свойствами лесных экосистем и особенностями самого фермента. Ключевая причина низкой активности в естественных лесных почвах — дефицит субстрата, т.е. самой сахарозы и других дисахаридов. В еловых и смешанных лесах основную массу опада составляет лигнин и целлюлоза — сложные, трудноразлагаемые соединения. Активность инвертазы в почве напрямую зависит от наличия сахарозы — специфического дисахарида, являющегося ее субстратом. В таком растительном опаде, преимущественно состоящем из полисахаридов (целлюлозы и гемицеллюлозы), исходное содержание сахарозы крайне низко. Образование же свободных моносахаридов (например, глюкозы) из этих сложных

ВКР УлГУ

углеводов требует предварительной гидролитической активности других ферментов, таких как целлюлазы и гемицеллюлазы. Эти моносахариды, будучи продуктами распада клетчатки, могут далее использоваться микроорганизмами, однако непосредственное образование или накопление сахарозы в значительных количествах в данных условиях ограничено, что и обуславливает низкую активность инвертазы.

Поступление легкодоступных углеводов ограничено, и у микроорганизмов просто нет необходимости производить этот фермент в больших количествах. Также почвы заказника кислые, в таких условиях активность фермента существенно снижается.

Почвы естественных биотопов заказника по степени обогащенности ферментом каталазой относят к бедным. При среднем значении 1,71 ± 0,35 O_2 см^3/г за 1 мин, максимум соответствует значению 4,60 O_2 см^3/г за 1 мин, минимум – 0,25 O_2 см^3/г за 1 мин. Низкая обогащенность почв естественных биотопов заказника ферментом каталазой может быть обусловлена множеством факторов. Лесные почвы, особенно под хвойными породами или на торфяниках, имеют низкий pH, что негативно сказывается на жизнедеятельности многих групп почвенных микроорганизмов. В болотистых почвах дефицит кислорода подавляет развитие аэробных микроорганизмов, которые являются основными продуцентами каталазы. Хотя существуют анаэробные организмы, их ферментативные системы могут быть иными.

ВКР УлГУ

3.3. Характеристика почв под залежью

Использование почв особо охраняемых природных территорий (ООПТ) для сельскохозяйственных работ ограничено законодательством**.** Это связано с целью сохранения уникальных природных комплексов и объектов, ради которых создавались ООПТ.

Заброшенные поля и пастбища могут сохранять остаточное плодородие, зависящее от типа почвы, предшествующего землепользования

и времени простоя. Однако, перспективы восстановления плодородия таких почв неоднозначны. В некоторых случаях, после периода отдыха, почва может восстановить часть своего плодородия естественным путем. Растительный покров восстанавливается, увеличивается содержание органического вещества, улучшается структура почвы. Но, с другой стороны, длительное сельскохозяйственное использование может привести к деградации почв: эрозии, истощению гумуса, накоплению загрязняющих веществ. Восстановление таких почв требует значительных усилий и может быть экономически невыгодным. Кроме того, возврат к сельскому хозяйству может нарушить хрупкий экологический баланс ООПТ, негативно влияя на редкие виды растений и животных.

Исходя из образовавшихся проблем при распашке бедных земель на территории заказника, получить высокие показатели сложно, поэтому почвы забрасываются. В пределах заказника находятся залежи, почвы которых хоть и содержат меньше протонов, чем естественные, но также бедны элементами минерального питания и гумусом. Использование таких почв для распашки не рентабельно. Мы проверили агрохимические и биологические показатели почв таких залежей (табл. 3).

По данным агрохимического анализа на участке залежи почвы имеют среднекислую реакцию среды (pH_{KCl} = 4,73 ± 0,08 ед. pH), диапазон реакций среды колеблется от 4,50 ед. pH до 5,10 ед. pH. Наиболее кислые участки могут быть обусловлены тем, что происходит более интенсивное накопление органического вещества, разложение которого приводит к образованию органических кислот, снижающих pH_{KCl}. А также на участках с повышенной водопроницаемостью происходит более интенсивное вымывание оснований (кальция, магния, калия, натрия), что увеличивает кислотность.

Таблица 3 – Результаты статистической обработки агрохимических показателей и биологической активности верхних горизонтов почв залежи

ВКР УлГУ

Гидролитическая кислотность почв залежи – средняя (Нг = 3,2 ± 0,4 ммоль/100 г почвы). Такой уровень кислотности характерен для многих почвенных типов, особенно в зоне умеренного климата, где происходит выщелачивание оснований.

В условиях залежи, по мере восстановления естественной растительности, происходит накопление органического вещества, которое при разложении образует органические кислоты. Эти кислоты могут способствовать увеличению гидролитической кислотности, особенно если почвы легкие и бедны основаниями. Максимальное значение – 4,9 ммоль/100 г почвы, что является не высоким значением, но указывает на участки, где кислотность выражена сильнее, чем в среднем по залежи. Минимальное значение – 1,9 ммоль/100 г почвы.

В почвах залежи обменно сорбировано низкое количество катионов (S = 8,1 ± 2,1 ммоль/100 г почвы). Разброс суммы поглощенных оснований варьирует от 0,9 до 14,4 ммоль/100 г почвы. Очень низкое содержание поглощенных катионов может быть обусловлено сильным выщелачиванием, при котором происходит удаление обменных катионов, что приводит к крайне низкому значению S. А также высокая кислотность почвы способствует вытеснению и вымыванию оснований из ППК.

На участке залежи низкая степень насыщенности основаниями (V = 65,8 ± 6,9 %). Минимальное значение – 33,3 %, максимальное – 81,1 %. Низкая степень насыщенности основаниями указывает на кислую реакцию почвы. Это может быть вызвано: Наличием в почве значительного количества кислот (например, органических кислот из разлагающейся органики) или кислотообразующих солей. Высокая степень насыщенности основаниями связана с наличием в почве карбонатов кальция или магния, которые являются источником обменных оснований, поступивших в ходе искусственное известкование почвы для повышения её pH.

В почвах залежи содержание подвижных соединений фосфора и калия – низкое (P_2O_5 = 44,7 ± 19,0 мг/кг почвы; K_2O = 74,3 ± 11,6 мг/кг почвы).

ВКР УлГУ

Содержание фосфора колеблется от 5,0 до 150,0 мг/кг, а содержание калия от 35,0 до 120,0 мг/кг Минимальные содержания фосфора (5 мг/кг) и калия (35 мг/кг) могут быть связаны с исходным низким содержанием этих элементов в материнской породе и/или интенсивным вымыванием легкорастворимых форм фосфора и калия из почвенного профиля, особенно в условиях кислой реакции почвы. Фосфор, в частности, склонен к фиксации в нерастворимые соединения. Максимальное содержание фосфора (150 мг/кг) и калия (120 мг/кг) могут быть обусловлены применением фосфорных и калийных удобрений на отдельных участках. А также активная минерализация органических остатков в почве, приводящая к высвобождению фосфора и калия.

Содержание гумуса среднее (Гумус = 3,11 ± 0,39 %). Минимальное значение гумуса составляет – 1,55 %, максимальное – 4,35 %. Такое содержание органического вещества может быть следствием быстрого разложения органики, малого поступление растительной массы в почву из-за низкой продуктивности растительного покрова. А также многие почвенные пробы являются песчаными, которые изначально характеризуются низким содержанием гумуса.

Почвы залежи заказника характеризуются как очень бедные по степени обогащенности ферментом инвертазой (1,49 ± 0,34 мг глюкозы на 1 г за 24 ч). Данный показатель варьирует от 0,49 до 2,92 мг глюкозы на 1 г за 24 ч. Присутствие только очень низких значений связано с истощением почвенного органического вещества в результате прошлого сельскохозяйственного использования.

Почвы залежи заказника по степени обогащенности ферментом каталазой относят к бедным. При среднем значении 1,71 ± 0,35 O_2 $см^3/г$ за 1 мин, максимум соответствует значению 2,50 O_2 $см^3/г$ за 1 мин, минимум – 0,50 O_2 $см^3/г$ за 1 мин. На пахотных участках без внесения удобрений активность каталазы может быть ниже в 1,3–4,7 раза, чем на залежи. Хотя при

ВКР УлГУ

зарастании залежи активность ферментов постепенно возрастает, процесс восстановления идет медленно.

3.4. Сравнение почв естественных биотопов и залежи

Растительность и почва — это тесно взаимосвязанные компоненты экосистемы, находящиеся в постоянном взаимодействии. Влияние растительности на свойства почвы и обратное воздействие почвенных условий на растения образуют сложный круговорот, определяющий продуктивность и устойчивость всей системы. С одной стороны, растительность активно формирует почву, определяя ее структуру, химический состав и водный режим. Отмершие части растений, корневые выделения и деятельность почвенных организмов, стимулированная растительностью, создают уникальный почвенный профиль. С другой стороны, характеристики почвы – ее текстура, плодородие, кислотность, аэрация – напрямую влияют на рост, развитие и видовой состав растений. Это взаимодействие представляет собой постоянную динамическую систему, где любые изменения в одном компоненте неизбежно приводят к изменениям во втором, формируя устойчивое или, наоборот, деградирующее сообщество. Тип растительности и характеристики почвы находятся в тесной взаимосвязи, постоянно влияя друг на друга. Понимание этой взаимосвязи важно для рационального землепользования, сохранения почвенного плодородия и поддержания биоразнообразия.

Различный тип растительности вносит разное количество и качество органического вещества в почву. Листопадные леса обогащают почву большим количеством легко разлагающегося опада, формируя гумус. Хвойные леса, наоборот, дают меньше органического вещества, но оно разлагается медленнее, что влияет на кислотность и структуру почвы. Степи и луга характеризуются высоким содержанием корневых остатков, что способствует образованию плотного дернового горизонта. Тропические леса

ВКР УлГУ

формируют почвы с высоким содержанием органического вещества, но часто с низким содержанием питательных веществ из-за быстрого разложения. Исходя из вышесказанного, можно предположить, что тип экотопа влияет на характеристику почв.

В Салинском заказнике, расположенном на эоловом песчаном рукаве в Кильмезском физико-географическом районе Удмуртской Республики (Красногорский и Игринский районы), часть почв ранее использовалась в сельском хозяйстве. Однако, в настоящее время значительная часть полей заброшена и находится в состоянии залежей. Это обусловлено, в первую очередь, неблагоприятными почвенно-климатическими условиями песчаного массива, характеризующегося низким плодородием почв и высокой подверженностью водной и ветровой эрозии. Слаборазвитые песчаные почвы Кильмезского ФГР требуют значительных затрат на мелиорацию и удобрение, что делает сельское хозяйство в этом районе экономически невыгодным.

Мы сравнили показатели залежи с естественными почвами леса.

Сравнение почв естественных биотопов и залежи заказника по реакции среды выявляет существенные различия, которые обусловлены историей использования земель и естественными почвообразовательными процессами. Подавляющее большинство почв естественных биотопов являются сильнокислыми (75%). На залежи преобладают среднекислые почвы (86%), и полностью отсутствуют сильнокислые почвы. Таким образом, почвы естественных биотопов заказника значительно более кислые по сравнению с почвами залежи, что видно на рис. 20.

Рисунок 20 – Сравнение соотношения почв с разной кислотностью в двух экотопах

В естественных биотопах заказника произрастают растения, которые активно подкисляют почву. Хвойный опад, вересковые растения богаты танинами и другими органическими кислотами, которые при разложении

ВКР УдГУ

выделяются в почву, снижая её pH. Также в условиях заказника многие естественные почвы подвержены процессам подзолообразования. Эти процессы включают вымывание основных катионов (кальция, магния, калия) из верхних горизонтов и накопление водорода и алюминия, что приводит к сильному подкислению. Менее кислая реакция среды почв залежи с тем, что в ходе сельскохозяйственной деятельности, особенно для выращивания большинства культурных растений, почвы часто подвергаются известкованию. Известь является мелиорантом, который нейтрализует почвенную кислотность, повышая pH. Остаточное действие известкования может сохраняться в почве десятилетиями после прекращения земледелия. На залежи после заброса пашни сначала развиваются пионерные травянистые сообщества, которые могут быть менее подкисляющими, чем растительность естественных, давно сформировавшихся биоценозов. Различия в показателе pH между естественными биотопами и залежью статистически значимы ($p < 0,05$). Для залежных участков по сравнению с естественными биотопами характерно достоверное снижение обменной кислотности (pH_{KCl} залежи выше на 18%). (табл. 4).

Таблица 4 – Результаты статистической обработки агрохимических показателей и биологической активности верхних горизонтов почв двух экотопов

Но, несмотря на близкие значения обменной кислотности, видно, что в результате воздействия человека в почвах залежи значительно снизилось количество протонов, что хорошо видно на рис. 21.

Рисунок 21 – Сравнение соотношения почв с разной гидролитической кислотностью в двух экотопах

В естественных биотопах преобладает высокая гидролитическая кислотность (56%), что указывает на значительный запас протонов и ионов алюминия. На залежи полностью отсутствуют почвы с высокой

ВКР УлГУ

гидролитической кислотностью. Подавляющее большинство почв характеризуется средней гидролитической кислотностью (86%). Различия в гидролитической кислотности между естественными биотопами и залежью статистически значимы ($p < 0,05$). Для залежных участков по сравнению с естественными биотопами характерно достоверное снижение гидролитической кислотности (количество протонов водорода ниже на 41%) (табл. 4).

При этом питательных элементов здесь все так же мало – это видно по общей сумме поглощенных катионов (рис. 22).

Рисунок 22 – Сравнение соотношения почв с разной суммой поглощенных оснований в двух экотопах

Подавляющее большинство почв естественных биотопов (72%) фактически лишены запаса обменных оснований (состояние «следов»). Суммарно 86% почв находятся в зоне критического дефицита элементов питания. Это свидетельствует о глубокой выщелоченности почв, их высокой кислотности и очень низком естественном плодородии.

В почвах залежи доля почв, имеющих лишь «следы» оснований, сократилась более чем в два раза (с 72% до 33%). При этом половина всех почв (50%) перешла в категорию «низкой» суммы оснований (против 14% в лесу). Это связано с проведённым в прошлом известкованием пахотных угодий. Однако этот положительный эффект не означает восстановления плодородия, поскольку на залежах сохраняется дефицит органического вещества и элементов минерального питания. Различия в сумме поглощенных оснований между естественными биотопами и залежью статистически не значимы ($p > 0,05$) (табл. 4).

Сравнение почв естественных биотопов и залежи заказника по степени насыщенности основаниями демонстрирует четкие различия: в естественных биотопах преобладает низкая степень насыщенности основаниями (75%). На

ВКР УлГУ

залежи доля почв со средней степенью насыщенности основаниями значительно выше (50% против 25% в естественных биотопах), а доля почв с низкой степенью насыщенности соответственно ниже (рис. 23).

Рисунок 23 – Сравнение соотношения почв с разной степенью насыщенности основаниями в двух экотопах

Почвы залежи в среднем более насыщены основаниями, чем почвы естественных биотопов.

В условиях достаточного увлажнения естественных биотопов происходит активное вымывание легкоподвижных основных катионов (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Na^{+}) из верхних горизонтов почвы. Это приводит к обеднению почвенно-поглощающего комплекса основаниями. Такие процессы, как подзолообразование или образование торфяных почв, способствуют накоплению ионов водорода и алюминия в почве, которые замещают основные катионы в ППК. Разложение растительного опада, особенно от хвойных пород или болотной растительности, продуцирует органические кислоты, которые ускоряют вымывание оснований и замещение их водородом, снижая тем самым степень насыщенности основаниями. Основной причиной более высокой степени насыщенности оснований почв залежи является то, что во время использования этих земель в земледелии, для нейтрализации кислотности и улучшения плодородия, проводилось известкование и удобрение почв. Внесение извести приводит к замещению кислых ионов (H^{+}, Al^{3+}) в почвенном поглощающем комплексе ионами кальция, тем самым увеличивая сумму поглощенных оснований и, как следствие, степень насыщенности основаниями. Даже после прекращения земледелия эффекты от предыдущего известкования могут сохраняться в почве в течение многих лет и даже десятилетий. Это объясняет, почему на залежи значительная часть почв (50%) все еще находится в категории средней насыщенности основаниями, в отличие от естественных биотопов, где такая доля гораздо меньше. Различия в

ВКР УлГУ

степени насыщенности основаниями между естественными биотопами и залежью статистически не значимы ($p > 0,05$) (табл. 4).

Сравнение почв естественных биотопов и залежи заказника по содержанию подвижных соединений фосфора выявляет существенные различия: в естественных биотопах преобладает очень низкое и низкое содержание подвижных соединений фосфора (рис. 24).

Почвы залежи, хотя и имеют значительную долю с низким и очень низким содержанием фосфора (72%), также характеризуются наличием почв со средним и высоким содержанием подвижного фосфора. Почвы залежи в целом значительно богаче подвижными соединениями фосфора по сравнению с почвами естественных биотопов.

Рисунок 24 – Сравнение соотношения почв с разным содержанием подвижных соединений фосфора в двух экотопах

Причинами низкого содержания подвижного фосфора в естественных биотопах являются: небольшие запасы фосфора в материнских породах и его медленное высвобождение. В естественных почвах фосфор имеет тенденцию к переходу в труднодоступные формы путем связывания с ионами железа и алюминия в кислых почвах. Это значительно снижает его подвижность и доступность для растений. Причинами более высокого содержания подвижного фосфора на залежи является то, что во время активного использования земель в земледелии (до того, как они стали залежью), сельскохозяйственные культуры нуждались в фосфоре, и вносились фосфорные удобрения. Фосфор слабоподвижен в почве, поэтому значительная часть внесенного фосфора не выносится урожаем и не вымывается, а остается в почве, образуя запас. Хотя часть этого фосфора фиксируется и переходит в менее доступные формы, общая его концентрация в почве значительно возрастает. Различия в содержании подвижных соединений фосфора между

ВГУДГУ

естественными биотопами и залежью статистически не значимы ($p > 0,05$) (табл. 4).

Содержание подвижных соединений калия показывает следующие различия: в естественных биотопах преобладает низкое и очень низкое содержание подвижных соединений калия (57%), со значительной долей среднего содержания. На залежи значительно выше доля почв со средним содержанием калия (43% против 31% в естественных биотопах), а общая доля почв с низким и очень низким содержанием (43%) ниже, чем в естественных биотопах (рис. 25).

Рисунок 25 – Сравнение соотношения почв с разным содержанием подвижных соединений калия в двух экотопах

Относительно низкое содержания подвижного калия в естественных биотопах связано с тем, что калий циркулирует между почвой и растительностью. При отмирании растений калий возвращается в почву с органическим опадом. Однако без внешнего внесения удобрений общие запасы подвижного калия в почве могут быть ограничены, особенно если материнские породы бедны калием. Подвижные формы калия относительно легко вымываются из верхних горизонтов почвы, особенно в условиях достаточного увлажнения, характерного для многих заказников. Калий может фиксироваться (связываться) в межслоевых пространствах некоторых глинистых минералов, становясь труднодоступным для растений.

Причиной более высокого содержания подвижного калия на залежи, как и в случае с фосфором, является прямым следствием длительного сельскохозяйственного использования, включавшего внесение калийных удобрений. Эти антропогенные запасы сохраняются в почве даже после превращения пашни в залежь, значительно отличая ее от естественных природных биотопов. Различия в содержании подвижных соединений калия

ВКР УлГУ

между естественными биотопами и залежью статистически не значимы ($p > 0,05$) (табл. 4).

В естественных биотопах преобладают почвы с повышенным (43%) и средним (36%) содержанием гумуса, а также присутствует заметная доля почв с высоким содержанием. Общий уровень гумуса в целом высокий. Почвы залежи характеризуются исключительно низким (43%) и средним (57%) содержанием гумуса (рис. 26).

Рисунок 26 – Сравнение соотношения почв с разным содержанием гумуса в двух экотопах

Различия в содержании гумуса между естественными биотопами и залежью статистически значимы ($p < 0,05$). Для залежных участков по сравнению с естественными биотопами характерно достоверное снижение количества органических веществ в верхних горизонтах на 40% (табл. 4).

Высокое содержание гумуса в естественных биотопах связано с тем, что естественные экосистемы характеризуются непрерывным поступлением большого количества растительных остатков (опада, отмерших корней, надземной биомассы) и животных остатков. В ненарушенных почвах естественных биотопах формируется стабильный биохимический цикл, который способствует эффективному разложению органических веществ и их преобразованию в устойчивые гумусовые соединения. Скорость образования гумуса превышает или находится в равновесии со скоростью его минерализации.

Основной причиной низкого содержания гумуса в почвах залежи является предшествующая история использования этих земель под пашню. Регулярная вспашка и другие виды механической обработки почвы приводят к разрушению почвенных агрегатов и аэрации почвы. Это резко усиливает активность аэробных микроорганизмов, которые быстро разлагают

ВКР УдГУ

(минерализуют) гумус, превращая его в углекислый газ и другие простые соединения.

Почвы естественных биотопов и залежи заказника характеризуются крайне низкой активностью фермента инвертазы (рис. 27).

Рисунок 27 – Сравнение соотношения почв с разной степенью обогащенности ферментом инвертазой в двух экотопах

Почвы естественных биотопов характеризуются низким уровнем биологической активности (категории «крайне бедная» и «очень бедная»), они выглядят стабильнее и активнее. Здесь полностью отсутствуют участки, где активность фермента была бы на уровне «следов». Почти половина почв (40%) относится к категории «очень бедная», что для данных условий является лучшим показателем.
Почвы залежи демонстрируют угнетение биологической активности. Треть всех почв (33%) имеет лишь «следы» активности инвертазы, что говорит о почти полной биологической инертности. Более того, на залежах полностью исчезла категория «очень бедная» (0%), и подавляющее большинство почв (67%) прочно закрепилось в категории «крайне бедная».
В естественных биотопах (лесах, лугах) поступление растительного опада и корневых выделений происходит непрерывно и сбалансировано. Почвы залежи показывают худшие результаты из-за постагрогенной деградации: микробиологическая система там разрушена предшествующей распашкой и еще не восстановилась до естественного уровня. Также почвы заказника сформированы на бедных материнских породах, что приводит к общему низкому уровню биологической активности и ограниченному содержанию органического вещества. При односторонней альтернативной гипотезе: различия достоверны ($p = 0{,}0379 < 0{,}05$). Активность инвертазы в естественных биотопах выше.
При двусторонней альтернативной гипотезе: различия недостоверны ($p = 0{,}0758 > 0{,}05$) (табл. 4).

ВКР УдГУ

Почвы залежи характеризуются исключительно бедной и очень бедной степенью обогащенности каталазой (100%). Хотя оба типа почв в основном демонстрируют низкую активность каталазы, почвы естественных биотопов показывают лучшую картину, имея долю среднеобогащенных почв (19%) и меньший процент бедных почв по сравнению с залежами (81%) (рис. 28).

Естественные биотопы значительно богаче гумусом. Гумус служит источником энергии и питательных веществ для микроорганизмов. Чем выше содержание органического вещества, тем более обильной и разнообразной является почвенная микрофлора, которая продуцирует каталазу. Растения в естественных биотопах имеют хорошо развитые корневые системы, которые сами продуцируют каталазу и создают благоприятные условия (выделение корневых экссудатов) для развития микроорганизмов в ризосфере.

Рисунок 28 – Сравнение соотношения почв с разной степенью обогащенности ферментом каталазой в двух экотопах

Снижение активности каталазы в почвах залежи связано с использованием земель в сельском хозяйстве: интенсивная обработка почвы (вспашка) приводит к разрушению почвенных агрегатов и ускоренной минерализации гумуса, что сокращает энергетическую базу для микроорганизмов. Различия в степени обогащенности почв ферментом каталазой между естественными биотопами и залежью статистически не значимы ($p > 0,05$) (табл. 4).

Результаты исследования показали наличие статистически значимых различий между изучаемыми естественными биотопами и залежью. Эти различия достоверны в трех показателях: обменной и гидролитической кислотностях почвы, содержании гумуса. Данные отличия являются следствием сельскохозяйственного использования и свидетельствуют о длительном сохранении последствий агрогенной трансформации.

ВКР УдГУ

Таким образом, по проведенным агрохимическим и биологическим исследованиям почвы естественных биотопов и залежи незначительно отличаются друг от друга.

ВКР УДГУ

ВЫВОДЫ

1. В автоморфных условиях государственного природного комплексного заказника (ГПКЗ) «Салинский» наиболее распространенные почвы ранее относили к типу подзолистых (подтип дерново-подзолистые почвы). В соответствии с современной классификацией с учетом генезиса и почвообразующих пород данные почвы относятся к двум разным отделам: текстурно-дифференцированные и альфегумусовые почвы.

2. Альфегумусовые почвы ГПКЗ «Салинский» относятся к дерново-подзолам иллювиально-железистым песчаным. Они имеют контрастный промывной тип профиля. Характеризуются экстремально кислой реакцией в верхних горизонтах (3,4–3,5 ед. pH) и снижением кислотности вниз по профилю. Для них типичны низкие показатели суммы поглощенных оснований (< 3,2 ммоль/100 г почв) и степени насыщенности основаниями (< 72,6 %) во всем профиле. Распределение фосфора - элювиально-иллювиальное с максимумом в гор. С, для калия четкой зависимости не выявлено. Альфегумусовые почвы имеют короткий гумусовый профиль с резким падением содержания органики с глубиной из-за вымывания подвижных фульвокислот.

3. Исследуемая текстурно-дифференцированная почва ГПКЗ «Салинский» демонстрирует сильнокислую (4,05–4,25 ед. pH) реакцию по всему профилю. Для почвы типична низкая гидролитическая кислотность (от 1,4 до 2,7 ммоль/100 г почв) и сумма поглощенных оснований (< 3,6 ммоль/100 г почв) с минимумом в элювиальном горизонте. Распределение по профилю степень насыщенности основаниями и фосфора равномерное и составляет 68-81 % и 11-23 мг/кг почвы соответственно). Более высокое содержание гумуса по профилю и в целом белее благоприятные агрохимические показатели текстурно-дифференцированных почв связаны с большим количеством глинистых частиц и лучшими водно-физическими свойствами.

ВКР УлГУ

4. Почвы естественных лесных биотопов ГПКЗ «Салинский» имеют следующие характеристики: сильнокислая реакция среды (pH_{KCl} = 4,02 ± 0,15 ед. pH), высокое содержание протонов водорода и алюминия в почве (Нг = 5,4 ± 0,7 ммоль/100 г почвы), низкое содержание катионов (S = 4,4 ± 1,0 ммоль/100 г почвы), низкая степень насыщенности основаниями (V = 52,8 ± 6,7 %), очень низкое содержание подвижных соединений фосфора (P_2O_5 = 19,5 ± 2,5 мг/кг почвы) и низкое калия (K_2O = 69,7 ± 9,1 мг/кг почвы), повышенное содержание органического вещества (5,21 ± 0,59 %).

5. В пределах заказника разрешено сельскохозяйственное использование земли, многие сельхозугодья в настоящее время не используются и превратились в залежи. Почвы на них имеют неудовлетворительные характеристики: среднекислая реакция среды (pH_{KCl} = 4,73 ± 0,08 ед. pH), среднее содержание протонов водорода и алюминия в почве (Нг = 3,2 ± 0,4 ммоль/100 г почвы), низкое содержание катионов (S = 8,1 ± 2,1 ммоль/100 г почвы), низкая степень насыщенности основаниями (V = 65,8 ± 6,9 %), низкое содержание подвижных соединений фосфора (P_2O_5 = 44,7 ± 19,0 мг/кг почвы) и калия (K_2O = 74,3 ± 11,6 мг/кг почвы), среднее содержание органического вещества (3,11 ± 0,39 %). Таким образом, на почвах с низким естественным плодородием распашка и удобрения не обеспечивают достижения высоких показателей продуктивности, что ведет к формированию неиспользуемых агроландшафтов.

6. Для залежных участков по сравнению с естественными биотопами характерно достоверное снижение кислотности: количество протонов водорода ниже на 41%, а обменная кислотность выше на 18%. Количество органических веществ в верхних горизонтах ниже на 40%. Данные отличия являются следствием сельскохозяйственного использования и свидетельствуют о длительном сохранении последствий агрогенной трансформации.

7. Ферментативная активность естественных и постагрогенных автоморфных почв ГПКЗ «Салинский» свидетельствует об очень низкой

ВКР УлГУ

напряженности биохимических процессов. По степени обогащенности ферментами каталазой и инвертазой почвы относятся к бедным и очень бедным: средняя активность составила 1,80 ± 0,26 O_2 $см^3/г$ за 1 мин и 2,17 ± 0,39 мг глюкозы на 1 г за 24 ч соответственно. Данные особенности могут быть связаны с кислой реакцией среды, легким гранулометрическим составом и неблагоприятными водно-физическими свойствами почв.

ВКР УДГУ