

Солдатов В.П., Шхапацев А.К., Казеев К.Ш., Азаренко М.А., Колесников С.И.
Ферментативная активность и содержание гумуса в послелесных почвах Адыгеи

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

=====
УДК 630; 631.46, 574.42

Ферментативная активность и содержание гумуса в послелесных почвах Адыгеи

Солдатов В.П.¹, Шхапацев А.К.², Казеев К.Ш.¹, Азаренко М.А.¹, Колесников С.И.¹

¹*Южный федеральный университет*

²*Майкопский государственный технологический университет*

Аннотация

В результате сведения буково-пихтовых лесов на территории среднегорий Республики Адыгея в почвенном покрове вырубок происходят значительные изменения, которые сохраняются спустя 9 лет после нарушений. Значительное повышение плотности сложения дерново-карбонатных выщелоченных почв при сплошной рубке по сравнению с почвами леса сохраняются и спустя 9 лет. Реакция почвенной среды повышается вследствие попадания в почвенную толщу большого количества обломочного известняка после технологических работ при рубке и трелевке леса. При рубке леса образуются участки с разной степенью нарушения почвенно-растительного покрова. На участках вырубок с разной степенью нарушенности были выявлены различные закономерности изменения содержания гумуса и ферментативной активности. Содержание гумуса в верхнем почвенном слое снижается в результате эрозии и скальпирования на участках со средним и сильным нарушением. На участках со слабым нарушением происходит увеличение, вследствие развития дернового процесса при участии высокотравной луговой растительности. При среднем и сильном повреждении поверхности почвы происходит закономерное снижение ферментативной активности (инвертаза, дегидрогеназа, фосфатаза) на обеих вырубках по сравнению с контрольными участками леса. При слабом повреждении почв изменения не столь значительные и отмечались случаи повышения ферментативной активности.

Ключевые слова: ДЕРНОВО-КАРБОНАТНЫЕ ПОЧВЫ, РУБКА ЛЕСА, АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ, БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ, ОПУШЕЧНЫЙ ЭФФЕКТ, ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ

Солдатов В.П., Шхапацев А.К., Казеев К.Ш., Азаренко М.А., Колесников С.И.
Ферментативная активность и содержание гумуса в послелесных почвах Адыгеи

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

=====

Введение

Леса мира играют большую роль в сохранении углерода и регулированию циклов азота в биосфере [1,2]. К важным биосферным функциям почвы можно отнести: литосферные, атмосферные, общебиосферные и гидросферные. Лесные экосистемы влияют на температурный и водный режим почвы, определяют и формируют почвообразовательные процессы. Мероприятия по заготовке леса являются главным из антропогенных факторов, приводящих к изменению лесных почв [3-5], что приводит к переходу почв из естественных в антропогенные [6,7]. Деграционные процессы лесных массивов Адыгеи представлены в виде снижения продуктивности и биологического разнообразия, а также деградации почв и почвенного покрова. Основные результаты деграционных изменений: эрозия, дегумификация, размывание, уплотнение, перемещение, нарушение органического вещества почв по причине вмешательства человека в привычную экологическую нишу (строительства линий электропередач, стоянок, трасс, баз отдыха и т.д.). Исследования, проведенные в лесах разного типа, показали, что механизированная заготовка древесины приводит к изменению физико-химических свойств почв и микробиоценозов [8,9]. Из-за вырубki деревьев повышается эрозия почвы, которая приводит к потере питательных веществ, гумуса и снижению активности ферментов. В первые годы после рубки показатели содержания азота, углерода, активности фосфатазы, инвертазы снижаются быстро, но с увеличением возраста вырубki значения этих показателей при предотвращении эрозии почвы начинают восстанавливаться [10].

Процесс естественного восстановления леса на вырубках – процесс динамичный, он определяется множеством факторов, к которым можно отнести: климат, тип леса, сохранность подростa, структуру и состав насаждений, особенности самих растений, почвенные свойства. Послелесные сообщества появляются на месте вырубki, когда человек не препятствует естественному возобновлению леса. На антропогенно-нарушенных территориях после рубки и трелевки деревьев возникают восстановительные сукцессии. В ходе сукцессионных процессов происходит смена видового состава, пространственной структуры и других параметров экосистемы [11]. После вырубok происходит изменения освещенности, что может привести к увеличению количества светолюбивых растений, которые станут доминантными видами, при этом они могут изменить свойства растительного опада [12-14]. В дальнейшем для развития древесной растительности на поврежденных участках важная

Солдатов В.П., Шхапацев А.К., Казеев К.Ш., Азаренко М.А., Колесников С.И.
Ферментативная активность и содержание гумуса в послелесных почвах Адыгеи

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

=====
роль отводится составу и структуре напочвенного покрова исходного типа леса [8].

Ландшафты на известняковых породах имеют широкое распространение на территории Западного Кавказа и значительно отличаются от биогеоценозов на бескарбонатных породах [15,16]. Почвы известняковых массивов Кавказа – дерново-карбонатные (рендзины), которые как азональные почвы встречаются во многих районах земного шара [17,18]. В лесной зоне Северного Кавказа дерново-карбонатные почвы распространены на площади более 1,2 миллиона гектар под разными растительными ассоциациями на карбонатном элювии известняков, доломитов и мергелей [18]. В Классификации и диагностике почв России [19] они обозначены как карболитоземы. В условиях Западного Кавказа рендзины встречаются среди зональных бурых и серых лесных почв. Основные почвообразовательные процессы дерново-карбонатных почв: выщелачивание, гумусонакопление и оглинивание. Генезис почв на карбонатных породах в значительной мере отличаются от условий почвообразования зональных бурых и серых лесных почв.

Целью работы была оценка ферментативной активности дерново-карбонатных почв среднегорий Западного Кавказа после сведения леса. Исследования были проведены на двух вырубках Республика Адыгея. Данные территории подверглись рубке леса в 2010 году.

Объекты и методы исследований

Территория, на которой проводились исследования, относится к Республике Адыгея (Майкопский район) пролегающей на Юго-западе России. Большая часть территории омывается реками Белой и Лаба. В данное время территория Западного Кавказа активно используется в рекреационных целях, что негативно сказывается на сохранении лесного фонда. Растительность лесов гор Западного Кавказа имеет зональный характер и представлена древесными и кустарниковыми жизненными формами. Таким образом, можно выделить три основных высотных пояса: дубравы, буковые леса, пихтовые и смешанные леса. На высотах более 1500 м над уровнем моря помимо лесов большие площади заняты высокотравными лугами [20].

Исследования были проведены на двух вырубках, расположенных в 10-15 км от пос. Гузерипль (Адыгея) на высоте 1200-1600 м над уровнем моря (рис. 1-8). Возраст вырубок 9 лет. Почвы данных участков - дерново-карбонатные выщелоченные каменистые на элювии

Солдатов В.П., Шхапацев А.К., Казеев К.Ш., Азаренко М.А., Колесников С.И.
Ферментативная активность и содержание гумуса в послелесных почвах Адыгеи

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
=====

известняков (рендзины). Мониторинговые исследования на данных участках ведутся с 2010 года, т.е. с самого момента их образования. На данных территориях были исследованы биологические свойства почв, как природных лесных экосистем, так и восстановительных сукцессий после рубки [21-27].

Располагаются исследуемые вырубки в нескольких километрах друг от друга. Отбор образцов происходил на территориях с разной степенью нарушенности почвенно-растительного покрова. Различия на участках исследования определяли по глубине скальпирования почвы, степени ее перемешивания и погребения в результате работы тяжелой техники. Были выделены участки со слабым, средним и сильным уровнем нарушения почвы, которые располагались по мере удаления от леса к дороге.

Первая вырубка находится в окрестностях Партизанской поляны приблизительно в 15 км от поселка Гузерипль, географические координаты 44°0.310' с.ш. и 40°0.585' в.д. Участки данной вырубки различались по степени воздействия на почву (от участка с сильным нарушением В1 до контрольного участка В5). На территории участка В1 – грунтовой дороге - наблюдали сильное нарушение: оголенная территория с сильно выраженной эрозией и редкими растениями (рис.7). В нескольких метрах располагается участок В2 со средним нарушением, который занят высокотравной травянистой луговой растительностью со слабым подростом деревьев (рис.5). На поверхности почвы много остатков растений в виде ветоши. Участок В3 со слабым нарушением располагается в 20 м от дороги, на данной территории наблюдается опушечный (экотонный) эффект, растительность такая же, как и на предыдущем участке (рис.3). На поверхности почвы сплошной слой оторфованных растительных остатков мощностью 1-2 см. Контрольный участок В5 располагается в 50 метрах от дороги и представляет из себя грабово-пихтово-кленовый лес с папоротниками и травянистым пологом (рис.1).

Вторая вырубка находится приблизительно в 9 км от пос. Гузерипль на высоте около 1200 м над уровнем моря, географические координаты 44°01.135' с.ш., и 40°03.769' в.д. Здесь на участке В6 зафиксировано сильное нарушение территории (рис.8). Данный участок можно охарактеризовать как оголенную территорию, на которой сильно выражены эрозийные процессы. На территории этого участка наблюдали наносы грунта, серую гальку, а также обломки белого известняка с единичными травянистыми растениями. В 10-15 м от данного участка располагается территория со средним нарушением В7 (рис.6). На данном

Солдатов В.П., Шхапацев А.К., Казеев К.Ш., Азаренко М.А., Колесников С.И.
Ферментативная активность и содержание гумуса в послелесных почвах Адыгеи

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

=====

участке наблюдается высокотравная луговая разнотравно-злаковая растительность со слабым подростом ольхи. К этой площадке примыкает участок со слабым нарушением В8 (рис. 4) с густыми кустарниковыми зарослями ольхи и высокотравной луговой растительностью. В качестве контроля здесь выступал участок В9 с буково-кленово-пихтовым лесом с подлеском из папоротника, ежевики и разнотравья (рис.2).

Для исследуемых почв можно выделить несколько особенностей, которые отличают их от зональных почв. Главным отличием данных дерново-карбонатных почв от зональных является наличие карбонатов кальция в почвенном профиле. Также их отличает высокое содержание гумуса в верхнем горизонте, близкая к нейтральной реакция среды, тяжелосуглинистый гранулометрический состав, высокая поглощательная способность, хорошая оструктуренность [15,28]. Также важно отметить биологические особенности дерново-карбонатных почв, которые отчетливо наблюдаются в профильном распределении показателей. По сравнению с серыми и бурыми лесными почвами биологические показатели в рендзинах снижаются вниз по профилю в меньшей степени [29], что объясняется наличием карбонатности почвообразующих пород, которые насыщены биогенными элементами. При этом рендзины выщелочены вплоть до элювия породы, что характерно для подобных почв в условиях прохладного гумидного климата [16]. Из-за близости карбонатов происходит увеличение рН среды в нижней части профиля рендзин. Из биологических показателей положительно на карбонатность породы реагируют азотфиксирующие бактерии и активность каталазы, которые часто создают инверсии в нижней части профиля.

На каждом из исследуемых участках было отобрано по 3 почвенных образца из верхнего слоя почв (0-10см). При этом лесную подстилку и ветошь в состав пробы не включали и исследовали отдельно. Про проведение лабораторно-аналитических исследований применялись общепринятые методы в биологии, почвоведении и экологии [30]. На исследованных участках были определены плотность сложения, общий гумус и активность ферментов. О ферментативной активности почв судили по активности ферментов разных классов: оксидоредуктаз (каталаза, дегидрогеназа) и гидролаз (β -фруктофуранозидаза или инвертаза, фосфатаза). Плотность сложения почв определяли с помощью буров Качинского весовым методом в 3-х кратной повторности. Содержание общего гумуса определяли методом И.В. Тюрина в модификации Никитина по окисляемости хромовой смесью.

Солдатов В.П., Шхапацев А.К., Казеев К.Ш., Азаренко М.А., Колесников С.И.
Ферментативная активность и содержание гумуса в послелесных почвах Адыгеи

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
=====



Рис.1. Контрольный участок вырубki 1



Рис.2. Контрольный участок вырубki 2



Рис.3. Участок слабого нарушения вырубki 1



Рис.4. Участок слабого нарушения вырубki 2

Солдатов В.П., Шхапацев А.К., Казеев К.Ш., Азаренко М.А., Колесников С.И.
Ферментативная активность и содержание гумуса в послелесных почвах Адыгеи

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»



Рис.5. Участок среднего нарушения вырубki 1



Рис.4. Участок среднего нарушения вырубki 2



Рис.7. Участок сильного нарушения вырубki 1



Рис.8. Участок сильного нарушения вырубki 2

Солдатов В.П., Шхапацев А.К., Казеев К.Ш., Азаренко М.А., Колесников С.И.
 Ферментативная активность и содержание гумуса в послелесных почвах Адыгеи

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
 =====

Полученные результаты проанализированы с использованием вариационно-статистического, дисперсионного и корреляционного методов обработки данных.

Для определения различий в уровне биогенности и биологической активности разных почв определяли интегральный показатель биологического состояния (ИПБС) почвы [30]. Этот показатель оценивает совокупность биологических показателей, выраженных в разных единицах, и позволяет абстрагироваться от случайных колебаний, характерных для большинства биологических параметров. Для расчета ИПБС максимальное значение каждого из показателей в выборке принимается за 100% и по отношению к нему в процентах выражается значение этого же показателя в остальных образцах.

$$B_1 = (B_x / B_{\max}) \times 100\%,$$

где B_1 — относительный балл показателя, B_x — фактическое значение показателя,
 B_{\max} — максимальное значение показателя

После этого рассчитывается средний оценочный балл изученных показателей. ИПБС почвы рассчитывают аналогично расчету относительного балла показателя.

Результаты и обсуждение

Как показали проведенные исследования, территория обеих вырубок характеризовалась значительным изменением гидротермических условий. Такого рода процессы связаны с изреживанием древостоя, что приводит к большему поступлению осадков на данную территорию, а задерживающая способность снижается [31]. Также из-за отсутствия затенения происходит нагрев почвы, в результате чего отмечено понижение влажности воздуха, что в свою очередь приводит к увеличению испарения воды. Запасы почвенной влаги на территориях, подвергшихся рубкам больше, чем под пологом леса, это также связывают с большим количеством осадков, попадающих на поверхность почвы. По сравнению с лесом на территорию рубок попадает на 19% атмосферных осадков больше. На вырубках увеличивается глубина проникновения биологически активных температур, особенно это выражено на сплошных вырубках [32]. Изменения микроклимата в связи с изреживанием древостоя сохраняются в течение 4–6 лет после рубки деревьев [33].

Физические свойства почв на вырубках были значительно нарушены после антропогенного воздействия. Как видно из рис. 9 на исследованных вырубках происходит значительное повышение плотности по сравнению с почвами леса. Чем сильнее была повреждена

поверхность почвы при рубке и трелевке леса, тем выше плотность сложения почвы. Увеличился данный показатель на участках с сильным нарушением в 2,3-2,5 раза. Работа тяжелой техники привела к уплотнению почвы, а также к нарушению сложения поверхностных горизонтов. Эрозионные процессы впоследствии привели к потере верхних рыхлых слоев почвы. Изменение плотности сложения и других физических параметров почв на разных участках вырубок было отмечено и в первые годы наблюдений [21-24]. Известно, что территории лесопогрузочных площадок и волоков часто очень уплотнены [34]. Уплотнение почвы напрямую зависит от количества проходов лесозаготовительной техники [35]. На волоках через 5 лет после рубки плотность выше на 59%, в то время как на пасаках плотность была в пределах нормы [36]. Уплотнение почвы приводит к снижению пористости, что подразумевает ограничения в поступлении кислорода и воды для почвенных микроорганизмов, растений, что является негативным последствием для экологии почвы и продуктивности лесов. В уплотненных почвах лесовосстановление может быть затруднено или даже прекращено в течение длительного периода времени [37].

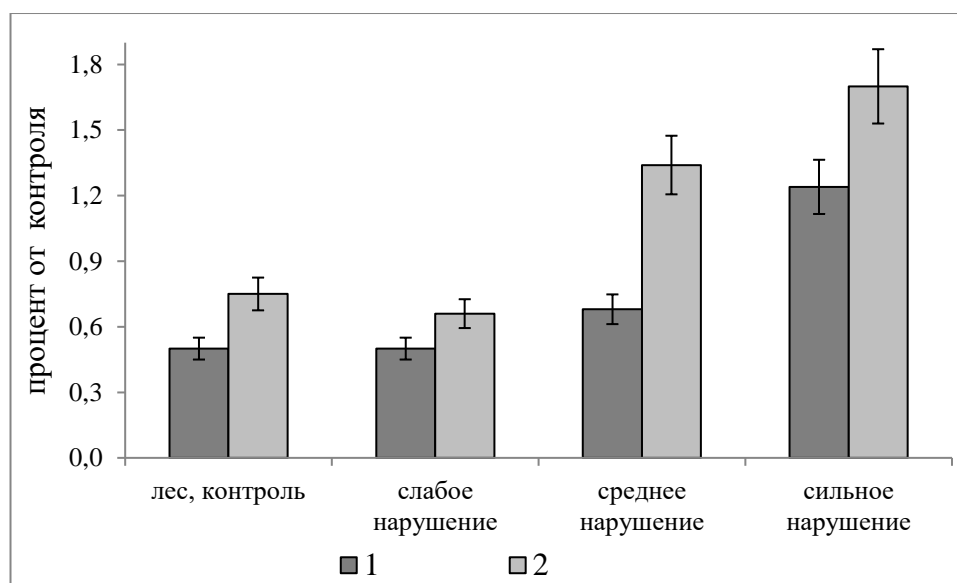


Рис.9. Плотность сложения почв на вырубках

Сразу после сведения леса в 2010 года и в дальнейшем на территории вырубки исчезла лесная подстилка, которая играет важную роль в лесных экосистемах, поскольку изменения ее свойств происходит быстрее, чем минеральных горизонтов [38-40].

Солдатов В.П., Шхапацев А.К., Казеев К.Ш., Азаренко М.А., Колесников С.И.
Ферментативная активность и содержание гумуса в послелесных почвах Адыгеи

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

=====

Рубка леса по-разному повлияла на реакцию почвенной среды. Так на первой вырубке рН верхнего горизонта варьировала в пределах от 6,7 до 7,0, в то время как на второй вырубке данный показатель изменялся в зависимости от степени воздействия (от слабого к сильному) от 6,4 до 7,7. Для почвы контрольного участка второй вырубке отмечена кислая реакция среды, которая характерна для зональных лесов. На участке с сильным нарушением повышение рН почвы объясняется перемешиванием почвы при рубке и тралевке леса, в результате чего произошло попадание обломков известняка из почвообразующей породы в профиль почвы. Стоит отметить, что реакция среды важна для развития микроорганизмов и растительного покрова, от которых зависит содержание ферментов в почве.

Содержание гумуса на контрольных участках очень высоко – 10-15%. На участках исследования с разной степенью нарушенности при рубке и тралевке леса были выявлены различные закономерности изменения содержания гумуса. Проведенные исследования показали, что изменения исследуемого показателя зависят от степени антропогенного нарушения почвенно-растительного покрова. Содержание гумуса в верхнем почвенном слое снижается на участках со средним и сильным нарушением, в то время как на участке со слабым нарушением происходит увеличение данного показателя на 17-20% от контроля (рис. 10). На участках с сильным повреждением содержание гумуса составляет на одном участке 20%, а на другом 28% от контроля. На слабонарушенных территориях наблюдается увеличение содержания гумуса из-за сукцессионных изменений растительности, которое сопровождается увеличением разнообразия высокотравной растительности, а также их продуктивности. На данных территориях усиливаются дерновый и гумусо-аккумулятивный процессы из-за увеличения доли травянистой растительности. К бурному росту растительности приводит повышенная инсоляция на открытых пространствах, образованных после сведения леса. В то же время происходит быстрое образование мощной слаборазлагающейся подстилки из-за замедленного разложения растительных остатков при коротком периоде биологической активности. Видоизменение растительности на вырубках может привести к изменению органофильных почв [4,41].

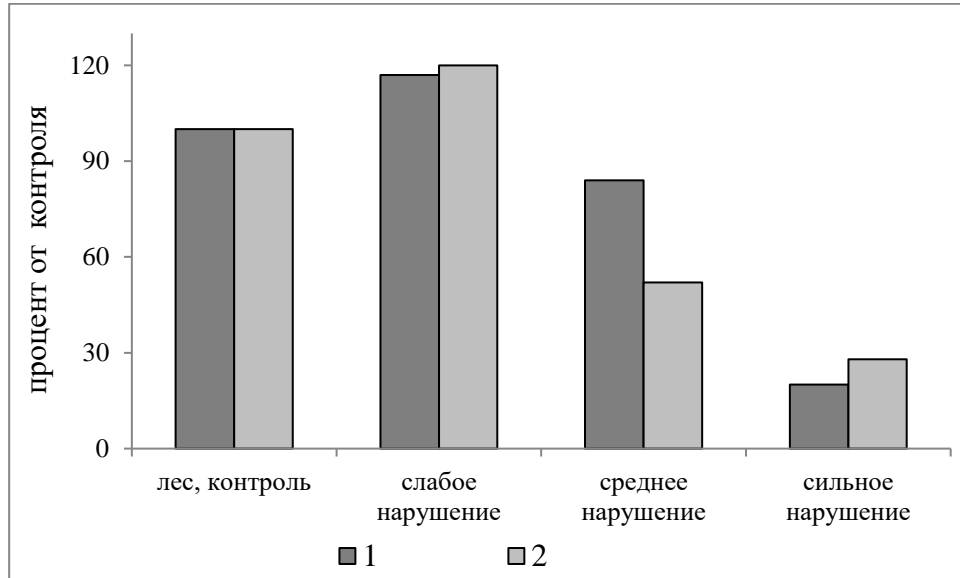


Рис. 10. Изменение содержания гумуса на двух послелесных участках

Как показали исследования многих авторов, ферментативная активность является важной почвенной характеристикой, которая может служить дополнительным диагностическим показателем почвенного плодородия и его изменения в результате антропогенного воздействия [30, 42-46]. Для изучения почв послелесных сообществ применяются разные показатели, в том числе ферментативная активность. Данный показатель принято считать наиболее точным для выявления каких-либо нарушений или восстановительного процесса. Ферментативная активность – показатель здоровья почвы при изменении ее биогеохимического состава. Почвенные гидролазы (β -глюкозидазы, фосфатаза, инвертаза) и оксидоредуктазы (дегидрогеназы) обычно используют как показатели наличия в почве лабильного углерода, азота и фосфора, а также при изучении циклов питательных элементов [47,48]. Ранее ферментативная активность разных почв гор Крыма и Кавказа была исследована для оценки их экологического состояния [49-53].

Как показали исследования, ферменты из разных групп и на различных вырубках ведут себя по-разному. Так можно отметить, что инвертазная активность больше на второй вырубке на участке со слабой степенью повреждения относительно контрольных значений, в то время как на первой вырубке значение данного фермента, такое же, как и на контрольном участке (рис. 11). При среднем и сильном повреждении поверхности почвы происходит

Солдатов В.П., Шхапацев А.К., Казеев К.Ш., Азаренко М.А., Колесников С.И.
 Ферментативная активность и содержание гумуса в послелесных почвах Адыгеи

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
 =====

закономерное снижение активности инвертазы на обеих вырубках. При средней степени нарушения почвы данный показатель снизился на 30-40%, а при сильном - на 82-85%.

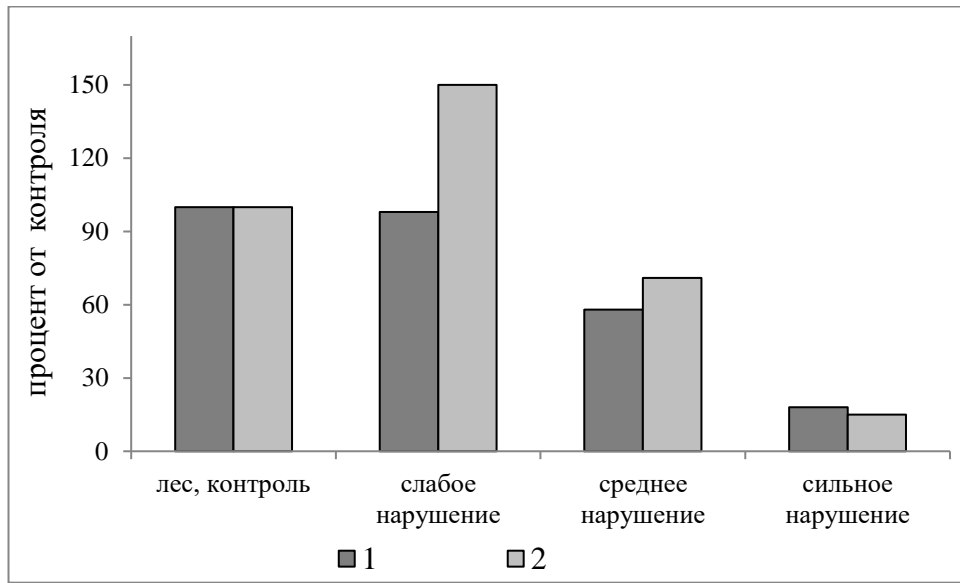


Рис. 11. Изменение активности инвертазы в почвах вырубок по сравнению с контрольными почвами леса

Активность дегидрогеназы также выше на второй вырубке на участке со слабой степенью повреждения относительно контрольных значений (на 63%), в то время как на первой вырубке значение данного фермента было меньше на 16% (рис. 12). При среднем и сильном повреждении почвенно-растительного покрова происходит закономерное уменьшение активности данного фермента на обеих вырубках, только степень снижения отличается. Так на вырубке 1 при среднем повреждении данный показатель снизился на 23%, а при сильном на 77%, в то время как на вырубке 2 на 8 и 18% на соответствующих участках.

Такая же тенденция как для активности дегидрогеназы, отмечена для фосфатазной активности. Активность фосфатазы на второй вырубке на участке со слабой степенью повреждения относительно контрольных значений выше на 38%, в то время как на первой вырубке значение данного фермента меньше на 11%. При среднем и сильном повреждении почвы происходит закономерное снижение активности данного фермента на обеих вырубках. На первой вырубке при среднем повреждении данный показатель снизился на 22%, а при сильном - на 56%, в то время как на второй вырубке - на 22 и 9% на соответствующих участках.

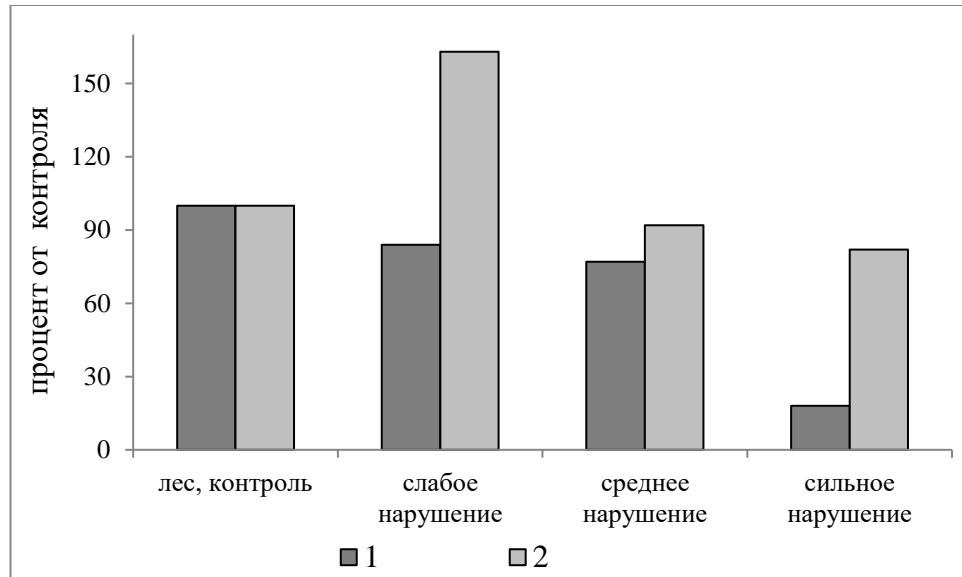


Рис. 12. Изменение активности дегидрогеназы в почвах вырубок по сравнению с контрольными почвами леса

Таким образом, было установлено, что активность ферментов в значительной степени, определяется уровнем антропогенного воздействия. Так на второй вырубке на участке со слабым нарушением почвы наблюдается повышение активности ферментов относительно контрольных участков. Это объясняется опушечным (краевым или экотонным) эффектом, при котором происходит увеличение продуктивности и разнообразия высоко-травной растительности на слаборазрушенном участке и усилением аэрации почвы. Данный эффект наблюдается из-за повышения солнечной инсоляции на участке, образованном после рубки и трелевки леса, который затенял поверхность почвы деревьями. Проведенные ранее исследования на данных участках показали, что на участке со слабым нарушением число видов растений больше, чем на контрольном участке. Это связано с сукцессионными изменениями растительности, сопровождаемыми повышением разнообразия и продуктивности травянистой растительности [21,22,24]. Повышение активности ферментов и биологической активности в целом на этих вырубках отмечали и ранее [22,26,27]. На вырубках из-за повышения температуры воздуха, почвы и большей влажности происходит повышение эмиссии углекислого газа на ненарушенных участках, при этом, если происходит нарушение гумусового горизонта, то и выделение CO_2 уменьшается [54]. Так и на исследуемых вырубках, на участках со средней и сильной степенью нарушения участков происходит

Солдатов В.П., Шхапацев А.К., Казеев К.Ш., Азаренко М.А., Колесников С.И.
 Ферментативная активность и содержание гумуса в послелесных почвах Адыгеи

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
 =====

закономерное снижение активности большинства ферментов. Для активности каталазы на вырубках не выявлено закономерностей зависимости от степени нарушения почв.

Для обобщения полученных данных был использован интегральный показатель биологического состояния почв (рис. 13). Его значения, рассчитаны по 5 биологическим показателям. Выявлено, что значение ИПБС в значительной степени, определяется уровнем антропогенного воздействия. На участках со слабым нарушением почвы наблюдали повышение значений данного показателя, как и для рассмотренных выше показателей ферментативной активности и содержания гумуса. Значения ИПБС увеличились относительно контрольных участков на 13-41%. На второй вырубке при слабом нарушении почвы, более наглядно наблюдается опусечный эффект, чем на первой. Однако, на участках со средней и сильной степенью нарушения происходит закономерное снижение биологической активности.

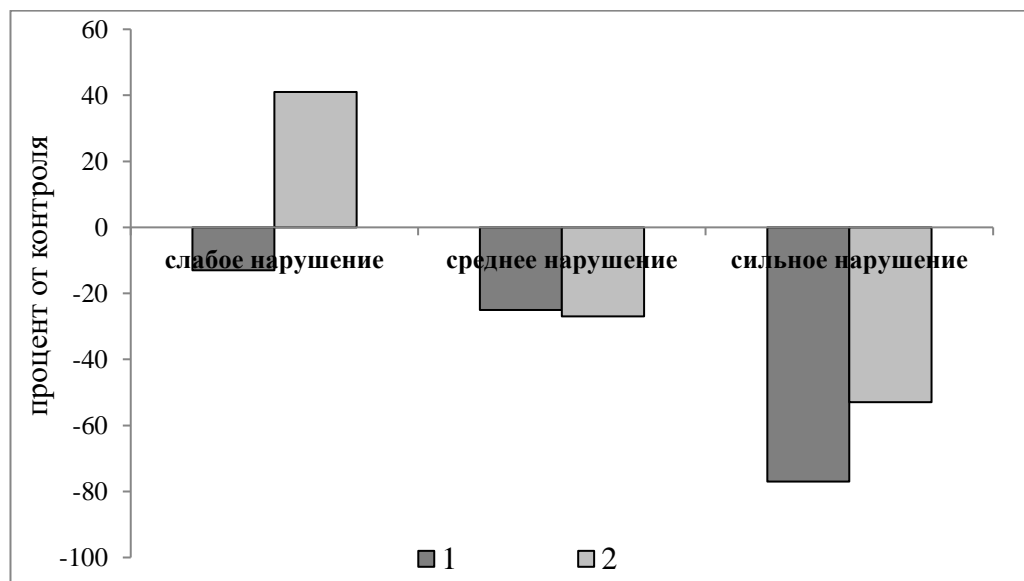


Рис. 13. Изменения ИПБС на послелесных участках

Для определения взаимосвязи между исследованными показателями был проведен корреляционный анализ. Ранее было показано, что активность ферментов связана положительной корреляцией с содержанием гумуса в почве [42,43,55]. Этот факт был подтвержден и в настоящей работе. Была обнаружена тесная положительная корреляция гумуса с активностью таких ферментов, как инвертаза, дегидрогеназы, фосфатаза. Кроме того, между

собой были тесно связаны инвертаза и фосфатаза (табл. 1). Можно отметить среднюю отрицательную зависимость содержания гумуса и инвертазой с реакцией почвенной среды.

Таблица 1. Корреляционная матрица исследуемых показателей

Показатели	pH	Гумус	Инвертаза	Дегидрогеназы	Каталаза	Фосфатаза
pH						
Гумус	-0,67					
Инвертаза	-0,70	0,92				
Дегидрогеназы	-0,28	0,80	0,60			
Каталаза	0,11	0,51	0,33	0,51		
Фосфатаза	-0,52	0,87	0,89	0,67	0,41	

Выводы

1. В результате вырубki леса в почвенном покрове происходят значительные изменения, которые сохраняются спустя 9 лет после нарушений. Происходит значительное повышение плотности сложения почв на вырубках по сравнению с контрольными почвами леса. Чем сильнее была повреждена поверхность почвы при рубке и трелевке леса, тем выше плотность сложения почвы. Данный показатель хорошо характеризует степень деградации почв, нарушенных при рубке леса, и долго сохраняется после прекращения воздействия.
2. Рубка леса по-разному влияет на реакцию почвенной среды, чаще повышая значения pH. На первой вырубке pH верхнего слоя варьировал в пределах 6,7-7,0, в то время как на второй вырубке амплитуда значений показателя изменялась от 6,4 до 7,7.
3. На участках с разной степенью нарушений, произведенных при рубке и трелевке леса, были выявлены различные закономерности изменения содержания гумуса. Его значения гумуса в верхнем слое почвы уменьшается на участках со средним и сильным нарушением, в то время как на участке со слабым нарушением происходит увеличение данного показателя на 17-20% от контроля.

Солдатов В.П., Шхапацев А.К., Казеев К.Ш., Азаренко М.А., Колесников С.И.
 Ферментативная активность и содержание гумуса в послелесных почвах Адыгеи

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
 =====

4. Ферменты разных классов на вырубках ведут себя по-разному в зависимости от степени нарушения. При среднем и сильном повреждении поверхности почвы происходит закономерное снижение ферментативной активности (инвертаза, дегидрогеназа, фосфатаза) на обеих вырубках. При слабом повреждении может происходить повышение ферментативной активности.

Благодарность

Исследование выполнено при государственной поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-2511.2020.11).

Список использованных источников

1. Bonan G.V. Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests // *Science*. V.320. 2008. P. 1444-1449.
2. Malhi Y., Grace J. Tropical forests and atmospheric carbon dioxide // *Trends in Ecology & Evolution*. V.15. 2000. P. 332-337.
3. Лукина Н.В., Полянская Л.М., Орлова М.А. Питательный режим почв северотаежных лесов. М.: Наука, 2008. 342 с.
4. Бахмет О.Н. Структурно-функциональная организация органопрфилей почв лесных экосистем Северо-Запада России. Автореф. соиск. д.б.н. Петрозаводск, 2014. 49 с.
5. Ершов Ю.И. Теоретические проблемы лесного почвообразования. Новосибирск, 2015. 319 с.
6. Richter D.B., Yaalon D.H. «The changing model of soil» Revisited // *Soil Science Society of America Journal*. V.76. 2012. P. 766-778.
7. Дымов А.А. Влияние сплошных рубок в бореальных лесах России на почвы (обзор литературы) // *Почвоведение*, 2017. № 7. С. 787-798.
8. Телеснина В.М., Шахин Д.А. Влияние послерубочных лесовосстановительных сукцессий на лесные почвы (на примере песчаных подзолов средней тайги западной Сибири) // *Вестник Московского университета. Сер. 17. Почвоведение*. 1999. № 2. С. 37-44.
9. Шугалей Л.С. Устойчивость почв лесостепи и южной Тайги средней Сибири к экзогенным воздействиям // *Вестник КрасГАУ*. 2009. № 9 (36). С. 66-77
10. Shaoshan A., Fenli Z., Feng Z., Scott V., Pelte U., Hamerd F.M. Soil quality degradation processes along a deforestation chronosequence in the Ziwuling area, China // *Catena*. V.75. 2008. P. 248-256.

Солдатов В.П., Шхапацев А.К., Казеев К.Ш., Азаренко М.А., Колесников С.И.
Ферментативная активность и содержание гумуса в послелесных почвах Адыгеи

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
=====

11. Адамов М.Г., Адамов Р.М., Курбаналиева Г.С. Сукцессии лесных экосистем в Дагестане // Вестник Дагестанского государственного технического университета №18. - Дагестан, 2010. – 110-116с.
12. Львов П.Н., Ипатов Л.Ф., Плохов А.А. Лесообразовательные процессы и их регулирование на европейском Севере. М.: Лесная промышленность, 1980. - С. 112.
13. Крышень А.М. Растительные сообщества вырубок Карелии. М.: Наука, 2006. 262 с.
14. Дымов А.А., Бобкова К.С., Тужилкина В.В., Ракина Д.А. Растительный опад в коренном ельнике и лиственнично-хвойных насаждениях // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2012. №3. С. 7-18.
15. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Кутровский М.А. Почвообразование на известняках и мергелях. Ростов н/Д: ЗАО «Ростиздат», 2007. 198 с.
16. Кутровский М.А., Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Экологические особенности рендзин Черноморского побережья Кавказа // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. 2008. №6. С. 97-101.
17. Вальков В.Ф., Колесников С.И., Казеев К.Ш. Почвы юга России: классификация и диагностика. Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2002. – 168 с.
18. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Почвы Юга России. Ростов-на-Дону: Изд-во Эверест, 2008. 276 с.
19. Классификация и диагностика почв России. Авторы и составители Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 343 с.
20. Локтионова О.А. Гумусное состояние горно-лесных бурых почв Кавказского заповедника. Автореф. соиск. ... канд. биол. наук. Ростов-на-Дону, 2002, 21 с.
21. Казеев К.Ш., Солдатов В.П., Козунь Ю.С., Гриненко Е.А., Якимова А.С., Полторацкая Т.А., Ермолаева О.А., Муругина В.С., Тер-Мисакянц Т.А. Изменение экологического состояния почв западного Кавказа после вырубки леса // Экология и биология почв/ Материалы молодежной научной конференции с международным участием. Южный федеральный университет. 2017. С. 188-192.
22. Казеев К.Ш., Тер-Мисакянц Т.А., Ермолаева О.Ю., Козунь Ю.С., Прудникова М.А., Магомедов М.А., Бахарева Л.В., Чернокалова Е.В. Колесников С.И., Деградация экосистем известняковых массивов Западного Кавказа при вырубке леса // Научный журнал КубГАУ. №91(10). 2013. С. 1900-1911
23. Казеев К.Ш., Тер-Мисакянц Т.А., Колесников С.И., Козунь Ю.С. Биодиагностика экологического состояния почв Западного Кавказа после вырубки леса // Известия Самарского научного центра. 2013. Т.15. №3(5). С. 1299-1301.
24. Казеев К.Ш., Тер-Мисакянц Т.А., Кузнецова К.С., Поляков А.П., Кутузова И.В., Мазанко М.С., Прудникова М.В., Колесников С.И. Влияние вырубки леса на биологические свойства горных почв Западного Кавказа // Политематический сетевой электронный

Солдатов В.П., Шхапацев А.К., Казеев К.Ш., Азаренко М.А., Колесников С.И.
Ферментативная активность и содержание гумуса в послелесных почвах Адыгеи

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

=====
научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). Краснодар: КубГАУ, 2012. №08(82). С. 1059-1069.

25. Солдатов В.П. Динамика изменения содержания гумуса в послелесных почвах западного Кавказа / В сборнике: Экология и природопользование Тематический сборник. Ростов-на-Дону - Таганрог, 2018. С. 89-93.

26. Тер-Мисакянц Т.А., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Деградация дерново-карбонатных почв Западного Кавказа в результате вырубки леса. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2013. 108 с.

27. Шхапацев А.К., Солдатов В.П., Казеев К.Ш. Влияние рубки леса на экологическое состояние горных почв Адыгеи // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 21. С. 372.

28. Казеев К.Ш., Кутровский М.А., Даденко Е.В., Везденеева Л.С., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Влияние карбонатности пород на биологические свойства горных почв Северо-Западного Кавказа // Почвоведение. 2012. №3. С. 327-335.

29. Казеев К.Ш., Вальков В.Ф., Колесников С.И. Атлас почв Юга России. Ростов н/Д: Изд-во Эверест, 2010. 128 с.

30. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Акименко Ю.В., Даденко Е.В. Методы биодиагностики наземных экосистем. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2016. 356 с.

31. Зонн С.В. Горно-лесные почвы Западного Кавказа. М.–Л., 1950. 311 с.

32. Краснощеков Ю.Н., Сорокин Н.Д. Почвенно-экологические изменения на вырубках и гарях восточного Хэнтэя (МНР) // Почвоведение. 1988. №1. С. 117-127.

33. Gerwing J.J. Degradation of forests through logging and fire in the eastern Brazilian Amazon // For. Ecol. Manage. V. 157 (1). 2002. pp. 131-141.

34. Засухин Д.П., Серый В.С., Вялых Н.И. К экспертно-лесоводственной оценке механических нарушений почв при лесозаготовках // Почвенные исследования на европейском севере России. Архангельск, 1996. С. 145-148.

35. Росновский И.Н. Повреждение почвы при летних лесозаготовках в западной Сибири // Лесоведение. 2001. №2. С. 22-26.

36. Ильинцев А.С., Богданов А.П., Быков Ю.С. Динамика физических свойств подзолистой почвы на вырубках при естественном зарастании // Лесной журнал. 2019. №5. С. 70–82.

37. Cambi M., Certini G., Neri F., Marchi E. The impact of heavy traffic on forest soils: A review. Forest // Ecology and Management. V.338. 2015. 124с-138с.

38. Богатырев Л.Г. Образование подстилок - один из важнейших процессов в лесных экосистемах // Почвоведение. 1996. № 4. С. 501-511.

39. Ponge J.F. Humus forms in terrestrial ecosystems: framework to biodiversity // Soil biology and biochemistry. V.35. 2003. P. 935-945.

Солдатов В.П., Шхапацев А.К., Казеев К.Ш., Азаренко М.А., Колесников С.И.
 Ферментативная активность и содержание гумуса в послелесных почвах Адыгеи

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
 =====

40. Nave L.E., Vance E.D., Swanston C.W., Curtis P.S. Harvest impact on soil carbon storage in temperate forest // *Forest Ecology and Management*. V. 259. 2010. P. 857-866.
41. Побединский А.В. Влияние механизированных лесозаготовок на лесную среду и возобновление леса // *Лесное хозяйство*. 1982. №11. С. 14-18.
42. Галстян А.Ш. Ферментативная активность почв Армении. Ереван. Айастан. 1974. 275 с.
43. Даденко Е.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Методические аспекты применения показателей ферментативной активности в биодиагностике и биомониторинге почв // *Ростов н/Д*. 2004. – 190с.
44. Burns R.G., DeForest Jared L., Jürgen M., Sinsabaugh R.L., Stromberger M.E., Wallenstein M.D., Weintraub M.N., Zoppini A. Soil enzymes in a changing environment: Current knowledge and future directions // *Soil Biology and Biochemistry*. 2013. V.58. P. 216-234.
45. Raiesi F., Salek-Gilani S. The potential activity of soil extracellular enzymes as an indicator for ecological restoration of rangeland soils after agricultural abandonment // *Applied Soil Ecology*. 2018. V.126. P.140-147.
46. Sinsabaugh R.L., Lauber C.L., Weintraub M.N., Ahmed B., Allison S.D., Crenshaw C., Contosta A.R., Cusack D., Frey S., Gallo M.E., Gartner T.B., Hobbie S.E., Holland K., Keeler B.L., Powers J.S., Stursova M., Takacs-Vesbach C., Waldrop M.P., Wallenstein M.D., Zak D.R., Zeglin L.H. Stoichiometry of soil enzyme activity at global scale // *Ecology Letters*. 2008. V.11. P. 1252-1264.
47. Acosta-Martinez V, Cano A, Johnson J. Simultaneous determination of multiple soil enzyme activities for soil health-biogeochemical indices // *Applied soil ecology*. V.126. 2018. P. 121-128.
48. Thiele-Bruhn S., Schloter M., Wilke B.-M., Beaudette L. A., Martin-Laurent F., Cheviron N., Mougin C., Römbke J. Identification of new microbial functional standards for soil quality assessment // *SOIL/ 2020*. №6, P. 17–34.
49. Горобцова О.Н., Гедгафова Ф.В., Улигова Т.С., Темботов Р.Х. Сравнительная оценка биологических свойств почв культурных и естественных ценозов Центрального Кавказа (на примере территорий терского варианта поясности в пределах Кабардино-Балкарии) // *Почвоведение*. 2016. № 1. С. 100-106.
50. Казеев К.Ш., Антонова О.Д., Колесников С.И., Вернигорова Н.А. Ферментативная активность некоторых почв Крыма // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]*. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №10(104).
51. Казеев К.Ш., Козин В.К., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологические особенности почв влажных субтропиков // *Почвоведение*. 2002. № 12. С. 1474-1478.
52. Казеев К.Ш., Черникова М.П., Колесников С.И., Акименко Ю.В., Козунь Ю.С., Полуянова В.С., Быхалова О.Н. Биологическая диагностика экологического состояния

Солдатов В.П., Шхапацев А.К., Казеев К.Ш., Азаренко М.А., Колесников С.И.
Ферментативная активность и содержание гумуса в послелесных почвах Адыгеи

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

=====
почв мониторинговых площадок заповедника «Утриш» // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2016. №1 (189). С. 61-65.

53. Kazeev K.Sh., Poltoratskaya T.A., Yakimova A.S., Odobashyan M.Yu., Shkhatpatsev A.K., Kolesnikov S.I. Post-fire changes in the biological properties Of the brown soils in the Utrish state nature reserve (Russia) // Nature Conservation Research. Заповедная наука 2019. 4(Suppl.1): 93–104.

54. Молчанов А.Г., Курбатова Ю.А., Ольче А.В. Влияние сплошной вырубki леса на эмиссию CO₂ с поверхности почвы // Известия ран. Серия биологическая. 2017. №2. С. 190–196.

55. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биология почв Юга России. Ростов-на-Дону: Изд-во ЦВВР, 2004. 350 с.

=====
Цитирование:

Солдатов В.П., Шхапацев А.К., Казеев К.Ш., Азаренко М.А., Колесников С.И. Ферментативная активность и содержание гумуса в послелесных почвах Адыгеи// АгроЭкоИнфо. – 2020, №3. – http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2020/3/st_308.pdf.