

## INTERACTION OF CALCAREOUS FERTILIZERS WITH ORGANIC MATTER OF PEAT SOILS

N.N. Bambalov

### Summary

The increase of the decomposition degree of peat take place if calcareous fertilizers have been used on the weakly decomposed peat soils, but decomposition degree is not changing by introduction of calcareous fertilizers into soils developing on the middle or highly decomposed peat. The content of total nitrogen, humic and fulvic acids is increasing, but C:N ratio, the quantity of the light- and heavy hydrolysable substances are decreasing in soils developing on a weakly decomposed peat. The elemental and group composition of or-ganic matter are not changing if calcareous fertilizers have been used on the soils developing on the middle and highly decomposed peat.

At entering of calcareous fertilizers into peat soils calcium and magnesium cations interact with the car-boxyl groups located at aromatic nucleus belonging to different molecules of humic acids. The new organic-mineral components with the increased electronic paramagnetism are forming into peat soils as a result of such interaction.

*Поступила 3 июля 2012 г.*

УДК 630.114.68:630.176.321/322

## ОСОБЕННОСТИ ПОЧВЕННЫХ УСЛОВИЙ ДУБРАВ БЕЛОВЕЖСКОЙ ПУЩИ

М.И. Антоник

*Белорусский государственный технологический университет,  
г. Минск, Беларусь*

### ВВЕДЕНИЕ

ГПУ НП «Беловежская пуца» находится на стыке двух геоботанических зон – Евразийской хвойно-лесной и Европейской широколиственной. Согласно геоботаническому районированию, Беловежская пуца находится на юго-западе Неманско-Предполесского округа подзоны грабово-дубово-темнохвойных лесов и составляет особый Беловежский геоботанический район [1]. Широколиственные насаждения представлены дубовыми, ясеневыми и грабовыми формациями. Особенностью дубовых лесов Беловежской пуцы является то, что в составе древостоя, кроме дуба черешчатого, встречается дуб скальный, достигающий восточных пределов своего распространения. Благодаря заповедному режиму дубравы пуцы в основном (более 70 %) представлены высоковозрастными древостоями (150–250 лет), сформировавшимися и развивающимися в относительно естественных условиях. Воздействие широколиственных лесов на почвы в боль-

шей мере определяется биологическими и экологическими свойствами лесной растительности и их изменением в различных условиях среды, прежде всего при произрастании на различных почвах [2, 3].

По данным С.В. Зонна, дубовые леса и чистые культуры дуба оказывают менее положительное влияние на почвы, из-за чего в большей степени усиливаются элювиальные явления, чем под смешанными широколиственными лесами и насаждениями, в последнем случае даже с примесью хвойных пород. Вместе с тем одна и та же порода, что установлено для дуба, может в зависимости от почвенных условий выступать и как сильно оподзоливающая порода, и как порода не оподзоливающая [4, 5].

Цель исследования – показать особенности и дать характеристику почв дубрав Беловежской пуци.

### МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили на площадках (ПП 31–38), заложенных в дубравах: кисличной (с дубом скальным ПП 31), почва – бурая лесная контактно-оглеенная, супесчаная, развивающаяся на связной супеси, подстилаемой с глубины 40 см суглинком легким моренным (УГВ – 300 см); орляковой (ПП 32), почва – дерново-подзолистая песчаная, развивающаяся на связном песке, сменяемом с глубины 60 см супесью связной и подстилаемом с глубины 75 см суглинком моренным (УГВ – 300 см); грабово-кисличной (ПП 33), почва – дерново-подзолистая контактно-оглеенная, песчаная, развивающаяся на связном песке, сменяемом с глубины 68 см водно-ледниковой рыхлой супесью (УГВ – 250 см); снытевой (ПП 34), почва – дерново-подзолистая временно избыточно увлажненная, песчаная, развивающаяся на рыхлом песке, сменяемом с глубины 22 см связным песком и подстилаемом с глубины 78 см суглинком легким (УГВ – 300 см); черничной (ПП 35), почва – бурая лесная контактно-оглеенная, песчаная, развивающаяся на связном песке, сменяемом песком рыхлым на глубине 50 см и подстилаемом с глубины 80 см суглинком легким (УГВ – 400 см); папортниковой (ПП 36), почва – дерново-подзолистая глеевая, песчаная, развивающаяся на связном песке, сменяемом с глубины 25 см песком рыхлым, с глубины 70 см подстилаемая рыхлой супесью (УГВ – 127 см); крапивной (ПП 37); культурах дуба кисличного типа леса (ПП 38), почва – бурая лесная, песчаная, развивающаяся на связном песке, сменяемая с глубины 70 см рыхлым песком (УГВ – 400 см), в Королево-Мостовском и Пашуковском лесничестве на протяжении 2006–2010 гг.

Для изучения показателей образцы отбирали по горизонтам почвенных разрезов. Гранулометрический состав определяли по Н.А. Качинскому, плотность твердой фазы почвы – при помощи пикнометра на 100 мл, максимальную гигроскопическую влажность – по А.В. Николаеву.

Агрохимические показатели определяли:  $pH_{KCl}$  – потенциметрически на рН-метре; содержание углерода органического вещества ( $C_{орг}$ ) в лесных подстилках – по Никитину; в почвенных горизонтах гумус – по Тюрину; общий азот ( $N_{общ}$ ) – по Кьельдалю; валовой фосфор ( $P_{вал}$ ) – по Шерману; легкогидролизуемый азот ( $N_{л-г}$ ) – по Корнфилду; подвижный фосфор ( $P_2O_5$ ) – по Кирсанову [6–8].

Численность бактерий, длину мицелия микроскопических грибов определяли прямыми микроскопическими методами. Бактериальную и грибную биомассу рас-

считывали, исходя из удельного веса бактериальной клетки, равного  $1,08 \text{ г/см}^3$ , и объема  $0,1 \text{ мкм}^3$ . Расчет биомассы микроскопических грибов учитывали, исходя из удельного веса мицелия –  $1,05 \text{ г/см}^3$  и среднего диаметра гиф –  $5 \text{ нм}$ , тогда биомасса 1 метра мицелия грибов составляет  $3,9 \times 10^{-6} \text{ г}$  сухого вещества [8]. Ферментативную активность определяли по газометрическим и фотокolorиметрическим методикам в прописи Щербаковой [9–11].

Запасы гумуса, биогенных элементов и потенциал ферментативной активности в почвах дубрав рассчитывали с учетом мощности генетических горизонтов и их плотности на глубину 150 см почвенного профиля.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Данные гранулометрического анализа показали, что исследованные почвы формировались как на однородных песчаных породах, так и на двучленных и трехчленных отложениях. В составе мелкозема преобладали песчаные фракции крупнозернистого ( $1-0,5 \text{ мм}$ ) и среднезернистого песка ( $0,5-0,25 \text{ мм}$ ). Содержание илистой фракции ( $<0,001 \text{ мм}$ ) было незначительным –  $0,34-7,24 \%$ . Содержание физической глины по почвенным разновидностям колебалось от  $2,55$  до  $25,9 \%$ , а количество илистых частиц составило  $0,60-7,24 \%$ , крупнозема –  $2,13-21,7 \%$ . Верхний  $2-40$ -сантиметровый слой в дубраве кисличной (ПП 31) и  $20$ -сантиметровый слой в дубраве кисличной (ПП 38) связносупесчаный. На ПП 31, где произрастает дуб скальный, почва была более обогащена тонкими фракциями.

Плотность твердой фазы почв Беловежской пуцци колебалась от  $2,35$  до  $2,87 \text{ г/см}^3$ . Наименьшие значения ( $1,15-1,45 \text{ г/см}^3$ ) отмечены в лесной подстилке, что связано с составом и ее сложением, высоким содержанием органического вещества. Плотность лесных подстилок изменялась от  $0,17$  до  $0,33 \text{ г/см}^3$ , почвенных горизонтов – от  $1,46$  до  $1,81 \text{ г/см}^3$ .

Величина максимальной гигроскопичности (МГ) исследованных почв оказалась неодинаковой: верхние песчаные горизонты содержали от  $0,20 \%$ , нижние –  $1,11 \%$  влаги; верхние супесчаные горизонты –  $0,30 \%$ , нижние –  $0,83 \%$ ; суглинистые горизонты – от  $0,18$  до  $1,42 \%$ . Максимальная гигроскопичность в значительной степени зависела от содержания в почве физической глины и гумуса.

Влажность устойчивого завядания (ВЗ) является очень важной характеристикой почвы. По этой величине можно определить количество доступной растениям влаги. В наших исследованиях величину ВЗ вычисляли по МГ, поэтому изменение ее величины по вариантам опытов и профилю соответствовало изменениям максимальной гигроскопичности. Запас продуктивной влаги при одновременном определении в расчете на  $1,5 \text{ м}$  слой почвы в дубравах кисличных составил  $118 \text{ мм}$ ,  $147 \text{ мм}$  и  $155 \text{ мм}$ , орляковой –  $243 \text{ мм}$ , снытевой –  $138 \text{ мм}$ , черничной –  $176 \text{ мм}$ , папоротниковой –  $159 \text{ мм}$ , крапивной –  $124 \text{ мм}$ .

Общий запас влаги в полутораметровом слое составил в дубравах крапивной и снытевой не более  $145,36 \text{ мм}$ , кисличных  $155,54-157,14 \text{ мм}$ , черничной –  $207,46 \text{ мм}$ , папоротниковой и культур дуба в кисличных условиях –  $171,86$  и  $182,29 \text{ мм}$ , орляковой –  $104,15 \text{ мм}$ .

Результаты потенциометрического анализа показали, что почти все горизонты исследуемых почв беловежских дубрав имеют сильнокислую и кислую реакцию среды ( $\text{pH}_{\text{KCl}} 3,12-4,86$ ). С глубиной кислотность уменьшалась незначительно.

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Следует отметить, что лесные подстилки в кисличных, орляковых, черничных, снытевых дубравах содержат больше  $C_{орг}$  (28,10–36,95 %). Ниже эти показатели в дубравах папоротниковой (20,85 %) и кисличной с дубом скальным (ПП 31 – 23,80 %). Эта закономерность распространяется на гумусовые и подзолистые горизонты, что свидетельствует об аналогичном распределении органического вещества, однако степень ее трансформации невелика, различия в органическом веществе между подстилкой и гумусово-подзолистыми горизонтами в среднем в 6–10 раз.

Содержание общего азота ( $N_{общ}$ ) в лесных подстилках почв дубовых насаждений Беловежской пуши было невысокое в снытевой (1,27 %) и папоротниковой дубравах (1,30 %), повышенное – в кисличных (1,58–1,68 %) и черничных (1,70 %) типах дубовых лесов.

В подзолистых горизонтах содержание общего азота уменьшилось в 4–12 раз, что указывает на низкую степень минерализации азотсодержащих органических соединений в составе полуперегнившего субстрата лесных подстилок (C:N = 14:1–22:1).

В иллювиальных и подстилающих горизонтах содержание общего азота снизилось до очень низких величин 0,02–0,10 % (C:N = 8:1–18:1).

Фракция легкогидролизуемого азота ( $N_{л-г}$ ) в орляковой и черничной дубравах варьировала в пределах 4–7 % от содержания общего азота. Наблюдалась аналогичная закономерность распределения как в лесных подстилках (877,5–987,0 мг/кг), так и в почвенных горизонтах (68,5 до 526,5 мг/кг). Еще более низкие величины характерны в иллювиальных горизонтах, а также в подстилающих породах.

Содержание валового фосфора ( $P_{вал}$ ) в бурых лесных и дерново-подзолистых почвах дубрав Беловежской пуши составило 0,07–0,12 % с заметным преобладанием в лесных подстилках кисличных и черничных типов леса, в гумусовых горизонтах оно варьировало в пределах 0,03–0,08 % и резко падало в иллювиально-оглеенных горизонтах. Содержание валового фосфора в этих лесных почвах в значительной степени было представлено минеральными фосфатами, где фракция подвижного фосфора ( $P_2O_5$ ) достигала 10–40 % от запасов валового фосфора. Высоким содержанием подвижного  $P_2O_5$  характеризовались лесные подстилки кисличных (165–230 мг/кг) и орляковой (135 мг/кг) дубрав, менее обогащены  $P_2O_5$  подстилки снытевой (125 мг/кг), папоротниковой (105) и черничной (100 мг/кг) дубрав. По почвенному профилю не отмечено равномерного распределения подвижного фосфора. Подстилающие породы, представленные моренным легким суглинком, в почвах под кисличными дубравами содержали подвижного фосфора больше, чем в подзолистых и даже гумусовых горизонтах.

В расчете на 1,5 м глубину и 1 м<sup>2</sup> поверхности с учетом мощности и плотности почвенных горизонтов были рассчитаны потенциальные запасы гумуса в исследуемых нами почвах Беловежских дубрав, составляющие 15–24 кг/м<sup>2</sup>. Низкие запасы гумуса в почвах снытевых и кисличных и высокие – в почвах крапивных и черничных дубрав: они составили 0,5–0,7 % от массы почвы. Запасы  $N_{общ}$  варьировали в пределах 1,44–3,14 кг/м<sup>2</sup>, более высокие – в почвах черничной и крапивной дубрав, сравнительно низкие – в почвах кисличных и папоротниковых типах дубрав. Запасы  $N_{л-г}$  достигали 7–10 % от общего азота и преобладали в черничных и крапивных типах.

Целостность почвы как системы жизнеобеспечения метаболитами микробиоты в процессах обмена веществ и энергии есть понятие «биогенности почвы», в основе которого лежат ферментативные реакции, протекающие как в отдельных

клетках почвенных микроорганизмов, так и непосредственно в самой почве. Ферментативная активность живых организмов осуществляется выделением большого количества ферментов в среду своего существования – почву – и определяет строгую направленность биохимических трансформаций в почве [10–11].

Биогенность почв рассматривается как совокупность биохимических процессов трансформации основных составляющих (аминокислот, полинуклеотидов, полисахаридов, полифосфатов, липидов и других комплексов) органического вещества до более простых форм, употребляемых растениями и микроорганизмами.

В дерново-подзолистых и бурых лесных почвах дубрав Беловежской пуши нами исследованы ферментативные процессы трансформации органического вещества (активность протеаз, фосфатаз, инвертаз, каталаз) лесных подстилок и почв по генетическим горизонтам почвенных профилей.

Энзиматическая активность проявилась в лесных подстилках в 3–5 раз выше, чем в почвенных горизонтах. Сравнительно высокие величины регистрируются в гумусовых и подзолистых горизонтах, более низкие – в иллювиальных горизонтах и подстилающих породах.

Ферментативная активность лесных подстилок и почв беловежских дубрав тесно связана с водно-физическими свойствами и гранулометрическим составом почв, при этом она существенно возростала от бедных песчаных к богатым суглинистым разновидностям. Активность гидролитических и оксидоредуктазных ферментов всецело зависела от влажности и плотности почвы. Плотность возростала от подстилок до глубокорасположенных подстилающих пород и имела обратную зависимость с энзиматической активностью почв, тогда как с влажностью и влагозапасами этих почв была выявлена положительная закономерность.

Потенциальная протеолитическая активность в почвах беловежских дубрав варьировала в пределах 100–300 мг тирозина за 18 ч на 1 см<sup>2</sup> по генетическим горизонтам с учетом их мощности и плотности и была более интенсивна в кисличных, крапивных типах и в культурах дуба кисличного типа леса. Фосфатазная активность колебалась в пределах 25–75 мг P за 24 ч на 1 см<sup>2</sup>, максимумы были характерны для кисличных, папоротниковой и крапивной дубравах. Инвертазная активность отмечена в диапазонах 700–2700 г глюкозы за 4 ч на 1 см<sup>2</sup> в более благоприятных почвенных условиях от папоротниковой и крапивной к орляковой и кисличной дубравам. Потенциальная каталазная активность равномерно уменьшалась от кисличных, орляковой к черничной и папоротниковой дубравам от 400 до 100 см<sup>3</sup> O<sub>2</sub> за 2 мин на 1 см<sup>2</sup> (рис.).

Высокая потенциальная каталитическая активность в пределах 220–250 см<sup>3</sup> O<sub>2</sub> за 2 мин на 1 см<sup>2</sup> отмечена также в кисличном типе (ПП 38) и крапивном.

В лесных подстилках беловежских дубрав длина мицелия микроскопических грибов, количество бактерий и их биомасса не характеризовались высокими отклонениями, однако в них немного выше процентное соотношение суммарной микробной биомассы в ферментационном (38–45 %) и гумифицированном (27–35 %) слоях, что указывает на высокую интенсивность процессов минерализации.

По мере дифференциации лесной подстилки была обнаружена высокая насыщенность мицелием грибов и бактериями в ферментационном слое, где соотношение микробной и грибной биомассы составило 34–41 %, в гумифицированном – 20–30 %, в поверхностном – 21–27 % от суммарной биомассы по генетическим слоям лесной подстилки.

# 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

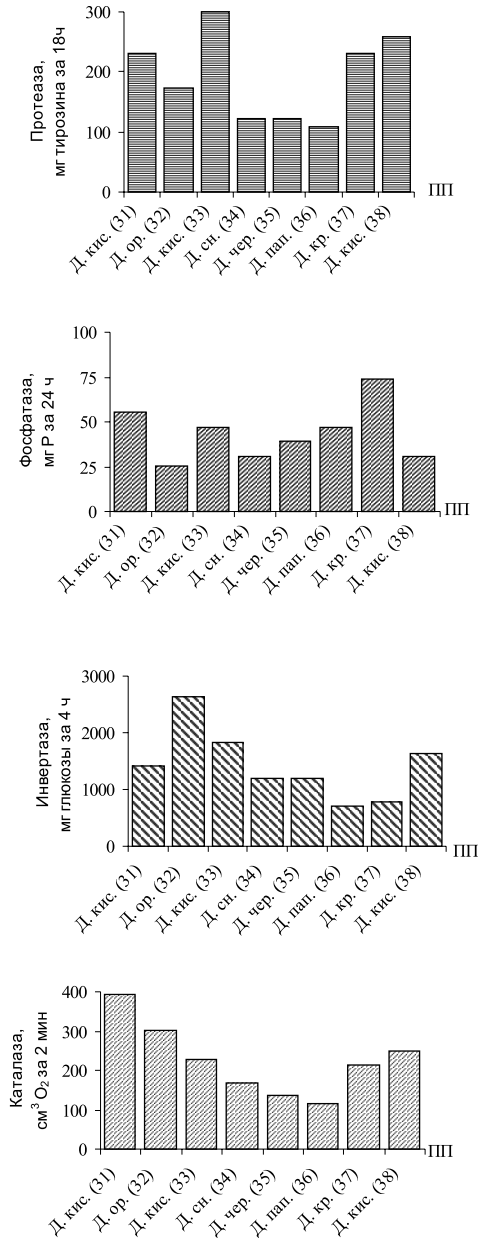


Рис. Активность ферментов в 1,5 м профиле почв дубовых насаждений ГПУ НП «Беловежская пуща»

Численность бактериальных клеток в лесных подстилках составила 6–7 млрд. кл. на 1 г лесной подстилки, в гумусовых горизонтах количество бактерий колебалось в пределах 3–5 млрд. кл./г почвы, а в иллювиально-оглеенных – уменьшилось от 500 млн. кл. до 1,5 млрд. кл. в 1 г почвы. По бактериальной массе это равнялось: в подстилках 0,120–0,140 мг/г воздушно-сухой подстилки, в гумусовых горизонтах

– 0,070–0,100 мг/г почвы. В нижних горизонтах генетического профиля биомасса бактерий уменьшилась до 0,010–0,030 мг/г сухой почвы.

Длина гиф мицелиальных грибов варьировала в лесных подстилках дубрав от 450 до 870 м/г, в гумусовых горизонтах длина мицелия достигала 408–680 м/г, в иллювиальных горизонтах изредка обнаруживались фрагменты мицелия и обрывки мицелиальных чехлов до 8–40 м/г почвы.

Биомасса микроорганизмов в дерново-подзолистых и бурых лесных почвах составила в лесных подстилках 1,75–3,40 мг/г, в гумусовых горизонтах – 1,60–2,65 мг/г почвы; в нижних горизонтах почвенного профиля этих почв она заметно уменьшилась до 0,017–0,080 мг/г почвы.

Преимущественно были заселены микроскопическими грибами лесные подстилки и гумусовые горизонты бурых лесных почв черничных и кисличных типов леса (ПП 31, 35). В дубравах, развитых на дерново-подзолистых слабоподзоленых, песчаных и супесчаных почвенных разновидностях, подстилаемых моренными легкими суглинками и водно-ледниковыми супесями, относительно уменьшалась насыщенность лесных подстилок и гумусовых горизонтов мицелиальными организмами, но заметно возрастала обогаченность бактериальной микрофлорой этих почв в орляковой, кисличной и снытевой дубравах (ПП 32, 33, 34).

Биомасса микроскопических грибов составила основную часть микробного комплекса почв дубовых насаждений пущи (92–98 %), бактериальная часть – всего лишь 2–8 %. В сравнении с биогенной структурой почвы суммарная микробная биомасса составила 0,6–0,8 % от содержания гумуса и 5–10 % от азотсодержащего органического вещества, а также 0,02–0,05 % от массы почвы. Максимальная микробная биомасса в лесных подстилках дубовых насаждений оказалась 3,04–3,51 мг/г сухой подстилки, в минеральных горизонтах – максимум 2,06–2,75 мг/г почвы и минимум в иллювиальных горизонтах и подстилающих породах от 0,03 до 0,25 мг/г почвы.

В иллювиальных супесчаных и песчаных горизонтах почв беловежских дубрав биомасса микроскопических грибов и бактерий была сравнительно низкая вследствие слабой биологической активности почвы и низкого содержания гумуса в ней, однако встречаемость бактерий достигала определенных пределов даже в оглеенных горизонтах и подстилающих породах.

## ВЫВОДЫ

Дубравы (кисличные (с дубом скальным), орляковые, грабово-кисличные, снытевые, черничные, папоротниковые, крапивные) в условиях Беловежской пущи произрастают на различных по гранулометрическому составу, водно-физическим, химическим и микробиологическим свойствам дерново-подзолистых и бурых лесных почвах.

В зависимости от типа и гранулометрического состава почв плотность твердой фазы колебалась от 2,35 до 2,87 г/см<sup>3</sup>; величина максимальной гигроскопичности – от 0,18 до 1,42%; запас продуктивной влаги (в расчете на 1,5 м слой почвы) – от 118 до 243 мм.

Содержание органического углерода в почвах дубрав Беловежской пущи составило 20,85–36,95%, валового фосфора – 0,07–0,12%, общего азота в лесных подстилках – 1,27–1,70% при рН<sub>KCl</sub> 3,12–4,86.

Потенциальная протеолитическая активность в почвах дубрав изменялась в пределах 100-300 мг тирозина за 18 ч на 1 см<sup>3</sup>, фосфатазная активность – 25-75 мг Р за 24 ч на 1 см<sup>3</sup>, инвертазная активность – 700-2700 г глюкозы за 4 ч на 1 см<sup>3</sup>, потенциальная каталазная активность – 100-400 см<sup>3</sup> O<sub>2</sub> за 2 мин на 1 см<sup>3</sup>.

Лучшими водно-физическими, химическими и микробиологическими показателями характеризовались верхние горизонты исследуемых почв, в иллювиальных и подстилающих горизонтах отмечено некоторое ухудшение исследуемых свойств.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Юркевич, И.Д. География, типология и районирование лесной растительности / И.Д. Юркевич, В.С. Гельтман. – Минск: Наука и техника, 1965. – 288 с.
2. Добровольский, Г.В. Функции почв в биосфере и экосистемах / Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. – М.: Наука, 1990. – 260 с.
3. Добровольский, Г.В. Экологические функции почвы / Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. – М.: МГУ, 1986. – 137 с.
4. Зонн, С.В. Состояние и задачи исследований по проблеме взаимоотношений между лесом и почвой / С.В. Зонн // Сб. тр. Ин-та леса АН СССР. – М., 1954. – Т. 23. – С. 6–20.
5. McFee, W.W. Jr. Quantity, distribution and Variability of Organic Matter and Nutrients in a Forest Podzol in New York / W.W. McFee, E.L. Stone // Soil Sci Soc. Am. Proc. – 1965. – Vol. 29. – P. 432–436.
6. Блинцов, И.К. Практикум по почвоведению / И.К. Блинцов, К.Л. Забелло. – Минск: Вышэйшая школа, 1979. – 207 с.
7. Практикум по агрохимии / В.Г. Минеев [и др.]; под общ. ред. В.Г. Минеева. – М.: МГУ, 2001. – 688 с.
8. Агрохимия: практикум / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 368 с.
9. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д.Г. Звягинцев [и др.]; под общ. ред. Д.Г. Звягинцева. – М., 1980. – 224 с.
10. Щербакова, Т.А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества (в естественных и искусственных фитоценозах) / Т.А. Щербакова. – Минск: Наука и техника, 1983. – 222 с.
11. Хазиев, Ф.Х. Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев. – М.: Наука, 2005. – 252 с.

## THE SOILS CONDITIONS OF THE OUK-WOODS IN BIELOVIEZSKAYA PUSCHA

Antonik M.I.

In article is of the results of research on sod-podsolic and brown forest soils of the ouk-woods in Bieloviezskaya Puscha in the granulometric composition, water-physical, microbiological, chemical and biochemical index.