

**ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКОВ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ
КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ**

В статье представлены результаты изучения активности окислительных и гидролитических ферментов агропочв лесных питомников, расположенных в зоне Канской и Красноярской лесостепи. Установлено, что исследуемые почвы обладают средней активностью изученных почвенных ферментов.

Ключевые слова: активность, ферменты, почва, лесопитомники.

A.A. Alekseeva, N.V. Fomina

**THE ENZYMATIC ACTIVITY OF THE FOREST NURSERY SOILS IN THE FOREST-STEPPE ZONE
OF THE KRASNOYARSK TERRITORY**

The research results of the oxidizing and hydrolytic enzyme activity of the agrosols in the forest nurseries located in Kansk and Krasnoyarsk forest-steppe zone are presented in the article. It is established that the researched soils have the average activity of the studied soil enzymes.

Key words: activity, enzymes, soil, forest nurseries.

Введение. Микробиологический и энзимологический анализ почвы позволяет последовательно изучить как численность различных групп микроорганизмов, так и уровень активности ферментов от оксидаз, редуктаз до гидролаз. В настоящее время этот анализ очень распространен благодаря своей доступности и информативности; кроме того, ферментативная активность почвы – это чувствительный индикатор, реагирующий на возникновение в почве стрессовой ситуации, так как ферментная система изменяется раньше, чем другие почвенные характеристики, например агрохимические. Состояние ферментов в почве и их роль в почвообразовании определяются экологическими условиями. Существует прямая связь ферментативной активности с факторами почвообразования, которая свидетельствует об интенсивности и направленности почвообразовательных процессов, изменении почв в результате естественных и антропогенных факторов [Славнина, 1987; Семиколенных, 2001; Звягинцев, 1978; Звягинцев и др., 2005; Сорокина и др., 2006].

Уровень плодородия почвы является основой для получения качественного посадочного материала сеянцев хвойных в лесопитомниках нашего региона. Использование показателей ферментативной активности дает возможность оперативно и качественно установить изменения как техногенного, так и агрогенного характера, происходящие в агрогенно-преобразованных почвенных экосистемах. Установление связи активности ферментов почв лесопитомников с экологическими факторами является важной предпосылкой для диагностики процесса биодеструкции органического вещества и выявления специфики почвообразования [Фомина, 2008].

Объекты и методы исследований. Объектом исследований являются агрогенно-измененные почвы лесных питомников, расположенных в лесостепной зоне. Образцы почвы отбирали в почвенном слое 0–20 см на полях с посевами сеянцев *Pinus sibirica* Du Tour., *Pinus sylvestris* L. и *Picea obovata* L. в течение вегетационного периода сеянцев хвойных (Сэги, 1983; Методы..., 1991; Теппер, 1993).

Большемуртинский лесной питомник. Питомник расположен на территории Большемуртинского района, имеет длительный срок эксплуатации, небольшая площадь 3–8 га. Выращиваемые породы – сосна, кедр, ель. Большемуртинский лесной питомник характеризуется менее низкими зимними температурами, удаленность от крупных рек обуславливает некоторую засушливость климата, что в совокупности с большей испаряемостью дает периодически промывной тип водного режима ($KU > 1$). В весенне-летний период коэффициент увлажнения в данном районе близок к 0,64–0,73. Почва агротемногумусовая легкоглинистая. Содержание гумуса в поверхностном слое 6–7 %, pH=6,0. Обеспеченность по гумусу – очень хорошая, кальцием – хорошая, магнием и подвижным фосфором – средняя, калием – хорошая.

Уярский лесной питомник. Площадь 8 га, действует более 30 лет, выращиваются сосна, кедр, ель. Наиболее сухой и теплый климат на территории питомника способствует формированию типичного иллювиально-глинистого чернозема под естественной растительностью, представленной лугово-степными формациями, и его агрогенно-преобразованных аналогов на территории питомника. Почва Уярского лесопитомника – типичный глинисто-иллювиальный чернозем под естественной растительностью, которая сформирована на делювиально-аллювиально глинистых отложениях.

Каталазная активность почвы является наиболее чувствительной к антропогенной и агрогенной нагрузке [Хазиев, 1982; Щербакова, 1983], так как отражает общий окислительный потенциал почвы. Анализ данных по каталитической активности агропочв лесных питомников показал, что средний уровень каталити-

ческой активности в почвах исследуемых лесопитомников не различается и составляет 0,32 мл KMnO_4 на 1 г сух. почвы за 20 минут, что согласуется и с результатами, полученными при изучении почвенных образцов, отобранных под паром. Полученные экспериментальные значения указывают на высокую интенсивность окислительных процессов и жизнедеятельность почвенных организмов (табл.).

Средние показатели активности ферментов в агропочвах лесных питомников

Фермент	Уярский лесопитомник	Большемуртинский лесопитомник
	$\bar{X}_{\text{ср}} \pm m_x$	$\bar{X}_{\text{ср}} \pm m_x$
Окислительные		
Каталаза, мл 0,1н KMnO_4 / г сух.почвы за 20 минут	0,32±0,02	0,15±0,01
Аскорбатоксидаза, в мг дегидроаскорбиновой кислоты / г сух. почвы за час	29,0±4,4	14,5±3,2
Гидролитические		
Протеаза, мг аминного азота / 10 г почвы за 20 часов	0,41±0,02	0,29±0,02
Уреаза, мг аммонийного азота / 10 г сух. почвы за 4 часа	0,26±0,01	0,20±0,02
Инвертаза, мг глюкозы / г сух. почвы за 24 часа	12,9±3,7	7,35±1,8

Установлена минимальная активность данного фермента в почве, отобранной на поле с посевами сосны обыкновенной (2011 г.), – 0,27 и 0,29 мл KMnO_4 на 1 г сух. почвы за 20 минут соответственно для первого и второго опытного лесопитомника (рис.1).

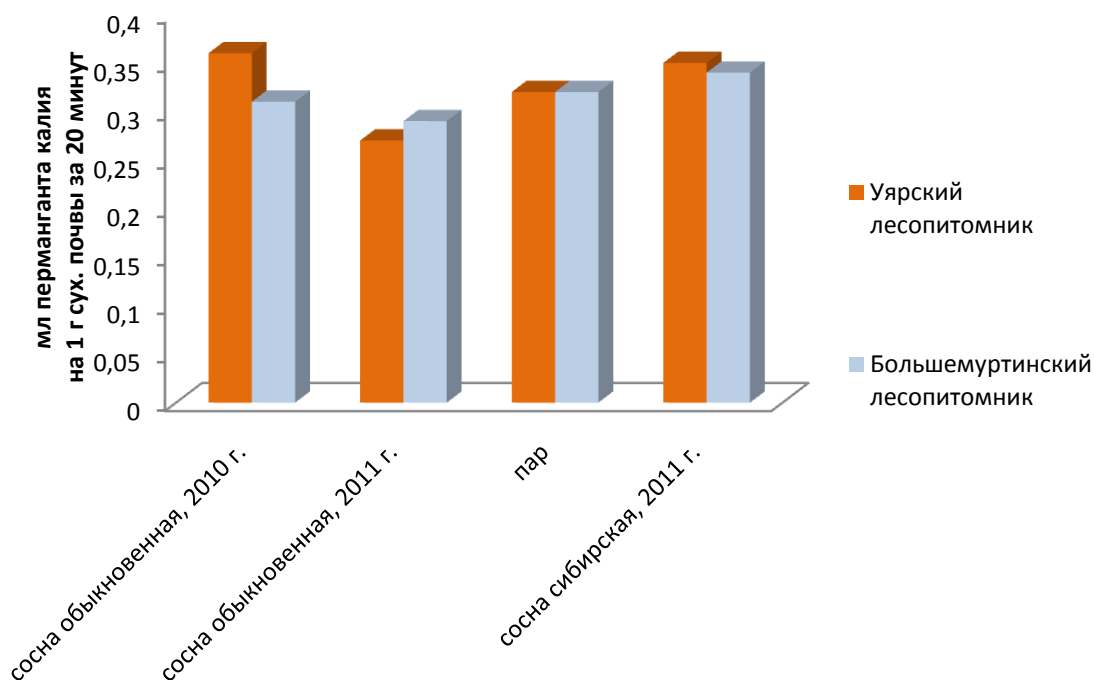


Рис. 1. Каталитическая активность почвы лесных питомников

Следует отметить, что во второй год вегетации сеянцев сосны обыкновенной (посев 2010 г.) происходит накопление корневых выделений и активность каталазы увеличивается до 0,31–0,36 мл KMnO_4 на 1 г сух. почвы за 20 минут соответственно. Почва, отобранная на полях с посевами кедра 1-го года вегетации (сосна сибирская, 2011 г.), по сравнению с паром также характеризуется более высоким уровнем каталитической активности – 0,34–0,35 мл KMnO_4 на 1 г сух. почвы за 20 минут (см. рис.1), что связано с накоплением

перекиси водорода как субстрата в результате выделения ее корнями сеянцев. Что касается почвы Большемуртинского лесопитомника, то достоверных отличий в показателях активности каталазы по годам вегетации сеянцев хвойных не установлено.

Кроме каталазы, из группы оксидаз нами была изучена аскорбатоксидаза – фермент, преобразующий аскорбиновую кислоту в дегидроаскорбиновую и, как и каталаза, характеризующий потенциальную окислительную способность почвы. Активность данного фермента в процессе вегетации сеянцев в почве Уярского лесопитомника, расположенного в зоне Канской лесостепи, очень различалась, изменяясь в пределах от 5,28 до 58,08 мг дегидроаскорбиновой кислоты на 1 г почвы за 1 час. Данные, полученные при анализе почвы, отобранной на полях с посевами сеянцев хвойных в Большемуртинском питомнике (рис.2), свидетельствуют о стабилизации окислительной активности почвы ко 2-му году вегетации сеянцев до уровня 5,3 мг дегидроаскорбиновой кислоты на 1 г почвы за 1 час.

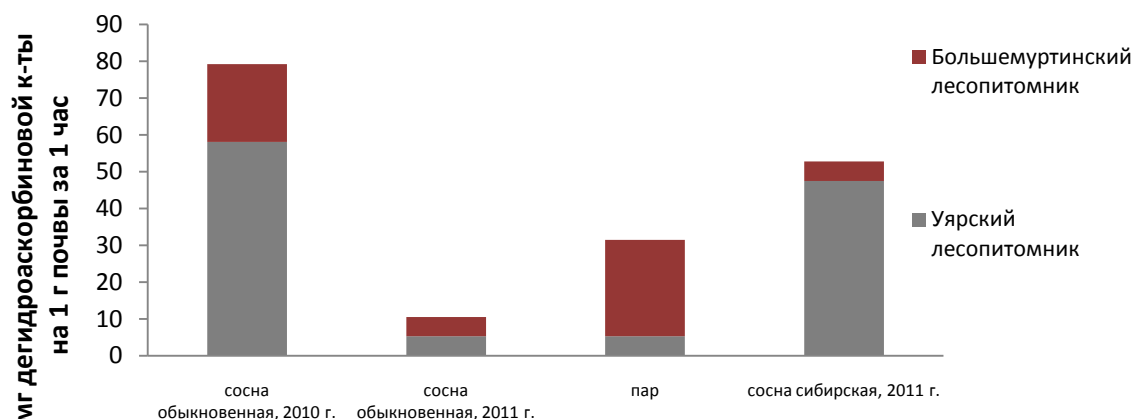


Рис. 2. Активность аскорбатоксидазы в почве лесных питомников

Средние же значения аскорбатоксидазы в агрочерноземе Уярского питомника были выше в 2 раза по сравнению с агросерой почвой Большемуртинского, что подтверждает ранее описанные микробиологические данные, свидетельствующие о более высоком биогенном (окислительном) потенциале данной почвы (см. табл.).

Резюмируя, отмечаем, что в целом показатели окислительных ферментов агропочв исследуемых питомников свидетельствуют о благоприятном почвенно-экологическом фоне и оптимальном аэрогенном состоянии почвы. Вместе эти факторы способствуют процессу разложения сложных органических веществ и хорошему росту сеянцев хвойных. Постоянная обработка почв в виде вспахивания, стимуляция процесса аэрации способствуют увеличению показателей активности окислительных ферментов.

Гидролитические почвенные ферменты осуществляют разложение сложных органических веществ до простых. Из группы гидролитических ферментов нами были изучены ферменты: протеаза, уреазы, инвертаза; протеаза исследовалась как основной разрушитель белковых соединений в почве до аминокислот, амидов и аминов [Хазиев, 1972; 1976; Щербакова, 1980].

Определено, что средняя протеолитическая активность почвы Уярского лесопитомника в 1,5 раза выше, чем в агропочве Большемуртинского, следовательно, процессы аммонификации в ней протекают более интенсивно, при этом активность составляет 0,41 и 0,29 мг аминного азота на 1 г сух. почвы за 20 часов соответственно для почвы первого и второго лесопитомников. Максимальная активность протеазы была определена в почве Уярского питомника под посевами сосны обыкновенной 2-го года вегетации (2011 г.) – 0,61 мг аминного азота на 1 г сух. почвы за 20 часов, тогда как минимальная активность отмечалась в почве Большемуртинского питомника в том же опытном варианте – 0,081 мг аминного азота на 1 г сух. почвы за 20 часов. При этом высокие показатели исследуемого фермента в течение роста сеянцев сохраняются в первом лесопитомнике и варьируют от 0,20 до 0,61 мг аминного азота на 1 г сух. почвы за 20 часов, а в почве под сеянцами кедра достигают 0,41 мг аминного азота на 1 г сух. почвы за 20 часов (рис.3).

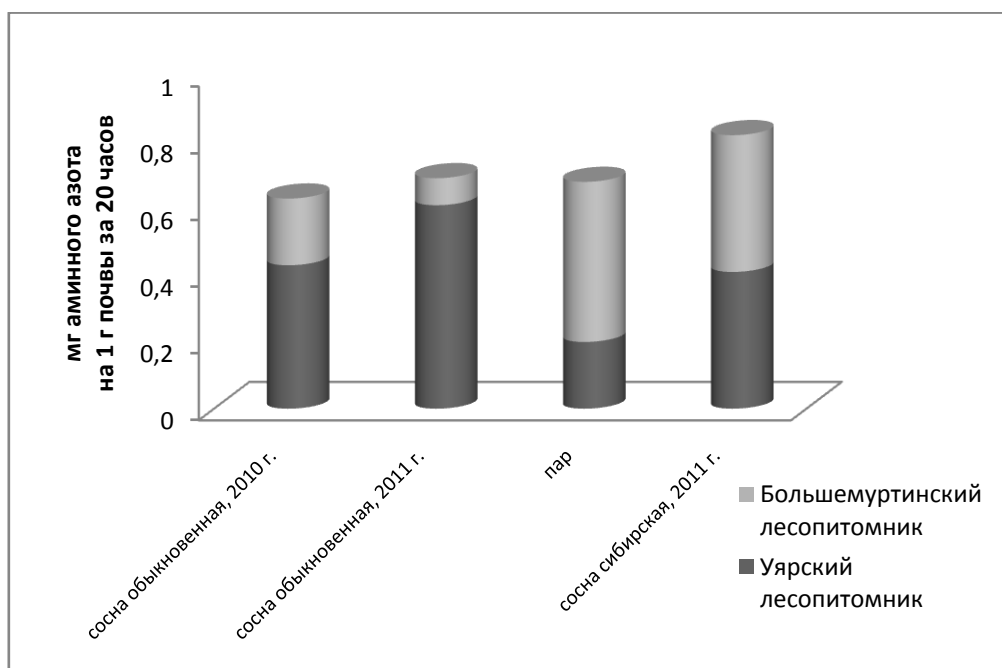


Рис. 3. Активность протеазы в почве лесных питомников

В свою очередь, анализ экспериментальных данных, полученных при исследовании почвы по паром, показал, что во втором исследуемом питомнике активность протеазы в 2–4 раза выше, чем в почве, отобранной под сеянцами хвойных культур.

Уреаза является ферментом, участвующим в азотном обмене, поэтому изучение ее активности является необходимым при проведении диагностических исследований. Полученные средние данные по почвам лесопитомников различаются друг с другом незначительно, при этом активность уреазы в почве Уярского лесопитомника составила 0,27 мг аммонийного азота на 1 г сух. почвы за 4 часа и 0,20 мг аммонийного азота на 1 г сух. почвы за 4 часа в почве Большемуртинского питомника соответственно (см. табл.). Под паром уровень активности уреазы в почвах обоих лесных питомников самый низкий – 0,21 и 0,18 мг аммонийного азота на 1 г сух. почвы за 4 часа соответственно для первого и второго (рис. 4), что свидетельствует о низких значениях содержания аммонийного азота в данных вариантах [Краснобрыжая, Фомина, 2013].

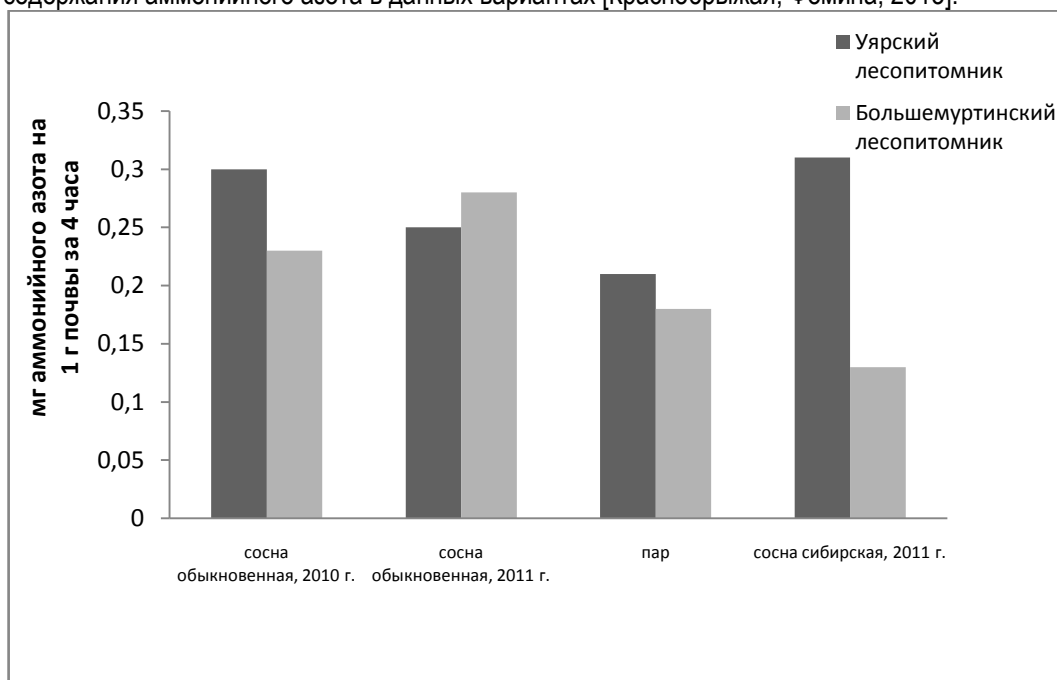


Рис. 4. Активность уреазы в почве лесных питомников

В процессе вегетации сеянцев хвойных культур количество мочевины как субстрата для деятельности уреазы снижается, уменьшается и количество данного фермента с 0,30 до 0,25 мг аммонийного азота на 1 г сух. почвы за 4 часа в почве Уярского питомника и с 0,28 до 0,23 мг аммонийного азота на 1 г сух. почвы за 4 часа в агросерой почве Большемуртинского питомника. Инвертаза является гидролитическим ферментом, определяющим мобилизацию легкогидролизуемого углевода сахарозы, расщепляя ее на эквивалентные количества глюкозы и фруктозы [Bloem et al., 2003]. Характеризуя наши экспериментальные данные по активности инвертазы, установила, что средняя ее активность в почве Уярского лесопитомника выше (12,9 мг), чем в почве Большемуртинского (7,94 мг), что указывает на более высокий уровень почвенного плодородия в первом питомнике (рис.5; табл.).

Аналогичная тенденция отмечается и для данных, полученных при анализе почвы, отобранной под паром, – 14,03 и 11,3 мг глюкозы на 1 г почвы за 24 часа соответственно для первого и второго лесопитомника.

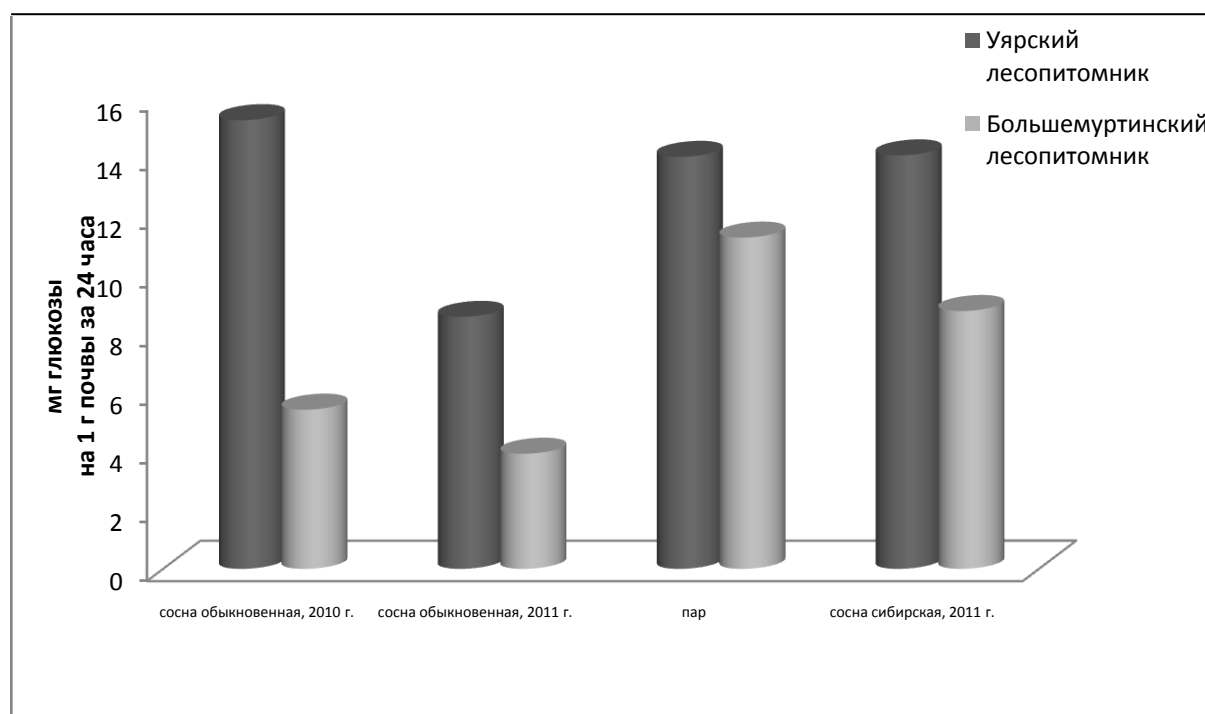


Рис. 5. Показатели активности инвертазы агропочв лесопитомников

Необходимо также отметить, что самый низкий уровень инвертазы определен в почве Большемуртинского питомника под посевами сосны обыкновенной 1-го года вегетации – 3,92, что в 2 раза ниже, чем в аналогичном опытном варианте в Уярском (рис.5). При этом максимум активности инвертазы отмечен в Уярском питомнике под паром и на полях с посевами сосны обыкновенной 2-го года вегетации, а также под посевами кедра 1-го года вегетации.

В целом же изученный уровень исследуемых гидролитических ферментов показал, что в агропочвах лесопитомников интенсивно протекают как процессы аммонификации, так и мобилизации органических веществ. Средняя активность гидролаз в 1,5 выше в агрочерноземе (Уярский лесопитомник), чем в агросерой почве (Большемуртинский лесопитомник).

Выводы

1. Активность окислительных ферментов (каталазы и аскорбатоксидазы) в почве Уярского и Большемуртинского лесопитомников достоверно не различается и соответствует среднему уровню – 0,32 мл КМпО₄ на 1 г сух. и 28,3–32,7 мг дегидроаскорбиновой кислоты на 1 г почвы за 1 час.

2. Уровень активности гидролитических ферментов протеазы, уреазы и инвертазы в агропочвах исследуемых лесных питомников оценивается как средний. В агрочерноземе Уярского лесопитомника более интенсивно протекают процессы преобразования органического вещества, чем в агросерой почве Большемуртинского питомника; при этом активность протеазы и инвертазы составляет 0,41 мг аминного азота на 1 г почвы за 20 часов и 12,9 мг глюкозы на 1 г почвы за 24 часа соответственно.

Литература

1. Звягинцев Д.Г. Некоторые концепции строения и функционирования комплекса микроорганизмов // Вестник МГУ. Сер.17. Почвоведение. – 1978. – № 4. – С. 48–56.
2. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 445 с.
3. Краснобрыжая М.А., Фомина Н.В. Оценка активности гидролитических ферментов агрогенно-преобразованных почв // Вклад молодых ученых в аграрную науку: мат-лы Междунар. науч.-практ. конфер. – Самара, 2013. – С. 47–51.
4. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 303 с.
5. Семиколенных А.А. Каталазная активность почв северной тайги (Архангельская область) // Почвоведение. – 2001. – № 1. – С. 90–96.
6. Славина Т.П., Инишева Л.И. Биологическая активность почв Томской области. – Томск: Изд-во ТГУ, 1987. – 216 с.
7. Сорокина О.А., Сорокин Н.Д. Влияние сосновых культур на биологические свойства старопахотных почв // Лесоведение. – 2006. – № 3. – С. 24–30.
8. Сорокина О.А., Сорокин Н.Д., Фомина Н.В. Изменение гумусового состояния и биологической активности при вовлечении серых почв из-под леса в пашню // Вестник КрасГАУ. – 2006. – № 12. – С. 72–78.
9. Фомина Н.В. Микробиологическая диагностика почв лесных питомников Красноярского края. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2008. – 144 с.
10. Хазиев Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. – М.: Наука, 1982. – 203 с.
11. Щербакова Т.А. Почвенные ферменты, их выделение, свойства и связи с компонентами почвы // Почвоведение. – 1980. – № 5. – С. 85–92.
12. Microflora / J. Bloem et al. // Breure. – 2003. – Т. 1. – Р. 55.



УДК 631.45

А.Ф. Литвиненко

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВОПОДОБНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ НАЗАРОВСКОЙ КОТЛОВИНЫ

Приводятся результаты исследований на нарушенных угольными разработками территориях Назаровской котловины. Анализ морфологических, физико-химических признаков и микроэлементного состава реплантозем даёт представление об их постепенном преобразовании.

Ключевые слова: реплантоземы, плодородие, техногенный ландшафт, почвоподобные образования, гумус, микроэлемент, коэффициент техногенной концентрации, суммарный показатель загрязнения.

A.F. Litvinenko

THE CHARACTERISTICS OF SOIL-LIKE FORMATIONS IN THE TECHNOGENIC LANDSCAPES OF NAZAROVO HOLLOW

The research results on the areas disturbed by coal mining of Nazarovo hollow are presented. The analysis of morphological, physical and chemical characteristics and microelement composition of replantozems gives an idea of their gradual transformation.

Key words: replantozems, fertility, technogenic landscape, soil-like formations, humus, microelement, technological concentration coefficient, total pollution index.

Введение. В результате разработки угольных месторождений современной высокопроизводительной техникой естественные ландшафтные системы на огромных пространствах уничтожаются или коренным образом преобразуются [14, 20, 21]. Показателем специфичности таких ландшафтов является восстанавливающийся почвенный покров. Его формирование и состояние определяются технологией рекультивации. Почвы техногенных ландшафтов не являются результатом почвенных процессов. Они состоят из насыпных слоев [8], выделяются в техногенные поверхностные образования (ТПО), которые недостаточно изучены.

Цель работы. Выявление особенностей морфологического строения, физико-химических свойств и плодородия почвоподобных образований на техногенных ландшафтах Назаровской котловины.