

10. Хабиров И.К. Экология и биохимия азота в почвах Приуралья. – Уфа: Уфимский полиграфкомбинат, 1993. – 224 с.
11. Хабиров И.К., Габбасова И.М., Хазиев Ф.Х. Устойчивость почвенных процессов. – Уфа: Башкир. ГАУ, 2001. – 340 с.
12. Eroded Soils in the Pre-Urals and the evaluation in their temporal changeability / I.M. Gabbasova [et al.] // Consequences of (post-socialist) land use and climate change for landscape water budgets, soil degradation and rehabilitation in the forest steppe zone of Bashkortostan. – Germany, Martin-Luther-University: Halle-Wittenberg, 2012. – P. 57–65.



УДК 634.0.114

О.А. Сорокина, Ч.И. Куулар, Н.В. Фомина, Н.Д. Сорокин

### БИОГЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВ ПОД ИСКУССТВЕННЫМИ ЛЕСНЫМИ ПОСАДКАМИ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ОЗЕРА ШИРА

*Изучены почвенно-агрохимические свойства и биогенные показатели плодородия почв в прибрежной зоне лечебного озера Шира.*

*Установлено, что искусственные лесные посадки в прибрежной зоне озера Шира характеризуются хорошей выживаемостью и устойчивостью за счет высокой биогенности верхних горизонтов почв.*

*Отмечена обильная микоризация корней лиственницы сибирской в опытных посадках с обработкой стимуляторами роста, активное развитие грибного мицелия, высокая биологическая активность почв как целинных, так и подлесных участков.*

**Ключевые слова:** экологическая устойчивость, искусственные лесные посадки, стимуляторы роста, прибрежная зона озера, микориза, мицелий, эколого-трофические группы микроорганизмов, ферментативная активность.

О.А. Sorokina, C.I. Kuular, N.V. Fomina, N.D. Sorokin

### SOIL BIOGENIC INDICES UNDER ARTIFICIAL FOREST PLANTATIONS IN THE LAKE SHIRA COASTAL ZONE

*The soil agrochemical properties and biogenic indices of soil fertility in the therapeutic Lake Shira coastal zone are studied.*

*It is found that the artificial forest plantations in the Lake Shira coastal zone are characterized by good survival ability and stability due to high biogenic characteristics of soil upper layers.*

*The abundant root mycorrhization of Siberian larch in the experimental plantation with growth stimulator treatment, active development of fungal mycelium, high soil biological activity both of virgin and undergrowth sites are marked.*

**Key words:** environmental sustainability, artificial forest plantations, plantings, growth stimulators, lake coastal zone, mycorrhiza, mycelium, microorganism ecological and trophic groups, enzyme activity.

---

**Введение.** Полезащитная лесистость в Южной Сибири в 2–3 раза ниже нормы, а лесные насаждения часто находятся в неудовлетворительном состоянии. Как компоненты агроландшафтов, мелиоративные насаждения имеют огромное экологическое значение, являясь местами концентрации видов растений, насекомых и животных лесной биоты, повышая биоразнообразие. Искусственные лесные насаждения в значительной мере изменяют пейзаж, выполняют почвозащитную, водоохранную, санитарно-гигиеническую и эстетическую функцию (Выращивание лесных полос..., 2001).

На обширных пространствах республик Хакасия и Тыва важнейшее значение в борьбе с деградацией земель и опустыниванием имеют восстановление лесов, интродукция древесных пород, искусственное лесоразведение в тех условиях, которые отвечают требованиям древесных растений (Кулик, 2007). Поиски путей адаптации древесных растений к почвенным условиям, не отвечающим или недостаточно отвечающим их требованиям, является сложнейшей экологической проблемой. Для подобных безлесных территорий

критерием оценки лесорастительных свойств почв являются выживаемость, устойчивость и долговечность лесных пород. Изучение трансформации плодородия почв под влиянием искусственного леса в сравнении с безлесными участками, либо целинной степью, либо распаханными деградированными массивами пашни – задача первостепенной важности. Разные виды древесных растений могут оказывать специфическое воздействие на почвообразовательные процессы и свойства почв, проявляя, как правило, почвоулучшающий эффект (Лобанов, 2007). Поэтому важнейшее значение имеет поддержание агроэкологических функций почв этой зоны на оптимальном уровне (Попов, 2008).

Изучение сукцессий и особенностей функционирования микробных комплексов, одних из наиболее чувствительных и динамичных показателей процесса почвообразования, представляет большой научный и практический интерес. Микробоценозы являются не только самой активной структурной единицей экосистемы, но и наиболее информативной диагностической компонентой биоты, способной быстро реагировать на смену экологических и прочих условий, меняя при этом свою функциональную нагрузку. Конечной целью мониторинга биологического состояния почв является выявление адекватных микробиологических показателей, характеризующих сукцессию наземных экосистем, их санитарно-гигиеническое и фитопатологическое состояние (Никитина, 1991 и др.).

**Цель и задачи исследований** – дать оценку биогенности почв под искусственными лесными насаждениями в прибрежной зоне озера Шира по показателям микоризации корней, микробиологической и фитопатологической характеристике ризосферы в опытных посадках лиственницы сибирской, а также почвенно-агрохимическим свойствам, составу, численности эколого-трофических групп микроорганизмов и ферментативной активности почв под насаждениями разного видового состава.

**Объекты и методы исследований.** Степные полузасушливые экосистемы Хакасии очень неустойчивы и ранимы. Интродукция видов древесных растений здесь ограничивается многими лимитирующими факторами – дефицитом почвенной влаги, повышенной концентрацией легкорастворимых солей, недостатком питательных веществ, слабой биологической активностью (Почвенные условия..., 1975). Поэтому в прибрежной зоне озера на эрозионно-опасных землях в 1975–1978 годах созданы экспериментальные лесные посадки по специальной технологии с обработкой корней саженцев стимуляторами (смесь желатина, гетероауксина и фосфорнокислого аммония), усиливающими приживаемость древесных растений (Сорокин и др., 1985; 1998). В настоящее время эти искусственные лесные насаждения достигли 30–35-летнего возраста, приведя за этот довольно короткий срок произрастания к сукцессиям напочвенного покрова, микробиоты, изменению режима функционирования почв. На базе Ширинского опытно-экспериментального пункта Красноярского научного центра СО РАН осуществляются комплексные исследования. Изучаются выживаемость, устойчивость интродуцированных древесных пород, а также проводится оценка лесорастительных свойств почв и трансформации их плодородия под воздействием насаждений.

Наши работы выполнялись на следующих объектах искусственных лесных насаждений: лиственница сибирская (*Larix sibirica*), вяз приземистый (*Ulmus humilis*), вяз + лиственница, сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), карагана древовидная (*Caragana arborescens*). Для сравнения взяты участки целины (старой залежи), граничащие с этими посадками. Почвы объектов исследования по новой классификации – агроземы аккумулятивно-карбонатные темные легко- и среднесуглинистые. Такие почвы формируются преимущественно из черноземов с укороченным гумусовым горизонтом (Классификация... 2004). Общее строение профилей почв следующее АUр (РА) – ВСАdc – Сса.

На всех объектах исследования изучили основные почвенно-агрохимические показатели общепринятыми методиками. Образцы почв отбирали из слоя 0–10 и 10–20 см в три срока (середина июня, середина июля, середина августа). Провели оценку микоризации корней лиственницы в опытных насаждениях (Шемаханова, 1962). Определили численность гетеротрофных микроорганизмов ризосферной почвы и фитопатогенных микромицетов рода *Fusarium*. Исследовали почвенные бактерии на мясо-пептонном агаре (МПА), мобилизующие органический азот, бактерии и актиномицеты, утилизирующие минеральный азот – на крахмало-аммиачном агаре (КАА). Олигонитрофилы определяли на диагностической среде Эшби, микроскопические грибы – на сусло-агаре (СА) и фитопатогенные микромицеты *p.Fusarium* – на селективной среде. В этих же образцах почвы проводили определение следующих ферментов: каталазы, протеазы, уреазы, пироксидазы, полифенолоксидазы по методическим прописям Ф.К. Хазиева (2005).

**Результаты исследований.** Почвенно-агрохимические показатели в верхних слоях почв объектов исследования приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Свойства почв под искусственными лесными посадками и на целине  
(среднее из 3 определений за вегетационный период)**

Объект	Глубина, см	pH <sub>NH2O</sub>	Гумус, %	N-NH <sub>4</sub> , мг/100г	Мг/кг почвы		
					N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Целина (возле лиственницы)	0–10	7,2	7,3	9,4	11,2	86,4	517,6
	10–20	7,3	6,1	7,7	12,8	74,9	393,8
Лиственница	0–10	7,5	4,2	6,3	13,4	51,1	245,6
	10–20	7,6	4,0	6,9	15,0	41,9	147,8
Вяз + лиственница	0–10	7,6	5,3	7,0	7,8	88,7	388,4
	10–20	7,3	4,8	5,9	10,5	62,1	193,6
Вяз	0–10	7,3	5,6	8,5	8,1	58,7	393,4
	10–20	7,5	5,0	6,4	6,7	44,0	243,0
Целина (возле вяза)	0–10	7,4	6,3	7,2	7,1	76,6	484,0
	10–20	7,5	5,7	6,8	4,2	66,6	340,4
Сосна	0–10	7,3	6,6	13,7	3,4	53,4	377,8
	10–20	7,5	3,7	4,8	4,8	30,6	218,0
Целина (возле сосны)	0–10	7,5	9,1	9,2	5,9	104,4	801,0
	10–20	7,6	6,9	7,7	6,9	75,2	585,8
Карагана	0–10	7,5	7,4	6,9	5,5	83,1	463,3
	10–20	7,7	3,7	6,4	3,7	47,3	305,3

Используемые для лесопосадок почвы содержат достаточное количество гумуса. Роль гумуса в формировании экологической устойчивости естественных и агрогенных биоценозов, их функционирования и возможного направления использования огромна. Естественное восстановление леса в лесостепной и степной зоне, а также искусственные лесные посадки разного видового состава определяют гумусовое состояние почв. Оно зависит от условий тепло- и влагообеспеченности, возраста древостоев, сукцессионной стадии напочвенного покрова и образования подстилки. Нами отмечено образование лесной подстилки в следующем возрастающем ряду искусственных насаждений: вяз, вяз+лиственница, лиственница, сосна. Под посадками сосны и лиственницы формируется и начинает стратифицироваться подстилка большей мощности. Содержание гумуса в слое 0–10см, как правило, выше по сравнению со слоем 10–20 см. Самое высокое количество гумуса обнаружено в слое 0–10 см на целине возле сосны и на целине рядом с лиственницей – 9,6 и 7,4 %. Отмечается некоторое снижение содержания гумуса под хвойными культурами. Например, в слое почвы 0–10см под посадками вяза среднее содержание гумуса составляет 5,6 %, а под лиственницей в этом же слое – 4,2 %, в то время как участки расположены в непосредственной близости на одном типе почвы. Некоторое снижение содержания гумуса под лиственницей и вязом с лиственницей связано с более интенсивной минерализацией органического опада. Незначительное подкисляющее действие на почву обнаруживается только в насаждениях сосны при оптимальных условиях атмосферного увлажнения. В засушливых условиях это воздействие не проявляется. Реакция почвы слабощелочная (pH<sub>NH2O</sub> 7,2–7,5). Максимальная дифференциация верхнего слоя почвы характерна по содержанию аммонийного азота, подвижного фосфора и обменного калия, указывающая на их биогенную аккумуляцию, как на целине, так и под искусственными лесными посадками.

В почвах объектов исследования достаточно много поглощенного аммония. Ограничивающими факторами нитрификации являются частое иссушение и высокие температуры почвы, небольшие запасы органического вещества.

Об оптимальных условиях формирования эффективного плодородия почв под влиянием лесных насаждений говорит интенсивное развитие под ними грибного мицелия, который участвует во многих процессах минерализации и выполняет наряду с актиномицетами роль гидролитиков. Обильная «грибница» формируется на контакте лесной подстилки и самой верхней минеральной части почвы, практически срастаясь с ней, под посадками хвойных видов (сосны и лиственницы).

В степных районах жизнеспособность и устойчивость древесных пород, особенно хвойных, существенно зависит от развития на корнях микоризы. Лимитирующее влияние влажности на микоризообразование и развитие микоризы в степных почвах давно отмечалось в трудах исследователей (Шемаханова, 1962; Клещев, 1980). Очевидно, что иссушение прикорневой почвы отрицательно влияет не только на ризосферную микрофлору, но и на микоризу. Так, сумма осадков за месяц в районе наших исследований составляла: в мае 20,4, июне – 5,7, июле – 40,6, августе – 70,4, сентябре – 50,6 мм. Стимулирование микоризы в сухостепных почвах способствует резкому увеличению площади корневых окончаний и максимальному использованию почвенной влаги и питательных веществ даже без регулярного полива, что особенно важно.

Результаты оценки микоризации в опытных насаждениях свидетельствуют о том, что обработка корней саженцев лиственницы стимуляторами роста микоризы перед посадкой в сухие слабощелочные почвы повышает первичную приживаемость по сравнению с контролем в 1,5–2 раза. Сохранность саженцев в конце вегетации на обработанных вариантах выше в 5–16 раз по сравнению с контролем. При этом установлено отсутствие инфекций, болезней древесных растений, их обильное семяношение и удовлетворительное лесовозобновление.

В комплексе микромицетов преобладают гетеротрофные формы и совершенно не выявляются фитопатогенные грибы рода *Fusarium* (табл. 2). В целом следует отметить, что среди грибов этого рода, выявляющихся на селективных средах, нет патогенных форм, как в вариантах с обработками корней, так и на контроле. Использование биостимуляторов роста микоризы улучшает экофизиологическое состояние микробных комплексов в ризосферной почве под саженцами и взрослыми насаждениями лиственницы.

Таблица 2

**Микробиологическая и фитопатологическая характеристика ризосферы,  
КОЕ тыс./г почвы**

Участок	МПА	КАА	СА/ <i>Fusarium</i>	Эшби	КАА/МПА	Эшби/ МПА
Контроль	420	560	10/3	610	1,31	1,51
Стимуляторы	1060	1344	28/0	876	1,17	0,81

Очевидно, что мощным фактором специфического воздействия на микрофлору почв под искусственными лесными насаждениями является фитоценоз, ведущая роль в котором принадлежит древесным растениям. Неодинаковый качественный и количественный состав микрофлоры под различными лесными посадками свидетельствует об определенной направленности в почве процессов гумификации и превращения минеральных веществ. На структуру, численность и соотношение различных эколого-трофических групп микроорганизмов наиболее существенно влияют запасы гумуса. Чем больше гумуса, тем больше образуется растворимых органических соединений. Особенно это актуально для почв целинных участков или старых залежей, находящихся в одинаковых биоклиматических условиях с лесными посадками. С возрастанием содержания гумуса в почве усиливается минерализация азотных и углеродосодержащих соединений, в то же время при большом количестве стабильных фракций органического вещества она может и снижаться. Большую роль играют также гидротермические условия в почве, разнообразие напочвенного растительного покрова, состав лесной подстилки, корневые выделения, pH почвенной среды.

При анализе численности бактерий, использующих органический азот (рост на МПА), отмечается нарастание количества аммонификаторов в ряду почв под: сосной – лиственницей – вязом – вязом с лиственницей от  $18 \cdot 10^6$  –  $21 \cdot 10^6$  –  $22 \cdot 10^8$  –  $23 \cdot 10^6$  КОЕ соответственно (табл. 3). Максимальная численность в смешанных насаждениях (вяз+лиственница) обеспечена, очевидно, положительным влиянием продуктов корне-

вого экзосмоса и легкодоступным для деструкции микроорганизмами опада вяза и лиственницы. В почве под лиственницей, а тем более под сосной, опад хвои, обладающей бактерицидными свойствами, препятствует развитию бактерий. В целинной почве максимальная численность микроорганизмов ( $27 \cdot 10^6$ ) зарегистрирована возле лиственницы, а минимальная ( $16 \cdot 10^6$ ) – возле сосны. Такая разница может быть связана со скудным растительным покровом, свойственным для сухостепных почв зоны оз. Шира, на целине рядом с сосной.

Таблица 3

**Численность и соотношение эколого-трофических групп микроорганизмов, КОЕ тыс/г сухой почвы**

Участок	Бактерии на МПА	Бактерии (актиномицеты) на КАА	Грибы на СА	Олигонитрофилы на Эшби	Олиготрофы на ПА	КАА/МПА	ПА/МПА
Целина (возле лиственницы)	$27 \cdot 10^6$	$28 \cdot 10^6 / 22 \cdot 10^4$	$52 \cdot 10^3$	$26 \cdot 10^6$	$29 \cdot 10^6$	1,0	1,1
Лиственница	$21 \cdot 10^6$	$37 \cdot 10^6 / 17 \cdot 10^4$	$140 \cdot 10^3$	$23 \cdot 10^6$	$27 \cdot 10^6$	1,7	1,3
Вяз	$22 \cdot 10^6$	$31 \cdot 10^6 / 15 \cdot 10^4$	$105 \cdot 10^3$	$24 \cdot 10^6$	$29 \cdot 10^6$	1,4	1,3
Целина (возле вяза)	$20 \cdot 10^6$	$18 \cdot 10^6 / 27 \cdot 10^4$	$44 \cdot 10^3$	$18 \cdot 10^6$	$19 \cdot 10^6$	0,9	0,9
Вяз + лиственница	$23 \cdot 10^6$	$40 \cdot 10^6 / 21 \cdot 10^4$	$152 \cdot 10^3$	$28 \cdot 10^6$	$22 \cdot 10^6$	1,7	0,9
Сосна	$18 \cdot 10^6$	$27 \cdot 10^6 / 13 \cdot 10^4$	$94 \cdot 10^3$	$26 \cdot 10^6$	$27 \cdot 10^6$	1,5	1,5
Целина (возле сосны)	$16 \cdot 10^6$	$14 \cdot 10^6 / 15 \cdot 10^4$	$48 \cdot 10^3$	$14 \cdot 10^6$	$22 \cdot 10^6$	0,8	1,4

Активность процессов минерализации и иммобилизации азота в почве характеризуют коэффициенты трансформации органического вещества, отражающие соотношение микроорганизмов на диагностических средах с органическими и минеральными источниками азота. О глубине микробиологических превращений азотсодержащих соединений можно судить по показателю  $P_m$  (почвенной минерализации) – отношению  $(МПА+КАА)/(МПА/КАА)$ . Численность микроорганизмов, утилизирующих минеральный азот, под разными насаждениями превышает численность аммонификаторов, что свидетельствует об активизации под лесом процессов минерализации органических соединений. Это подтверждается величиной коэффициентов микробиологической минерализации ( $K = P_{каа}/P_{мпв}$ ), которые варьируют от 1,4 до 1,7 в почвах под лесными посадками. В то же время коэффициенты минерализации в целинных почвах не превышают 1, что свидетельствует об аккумуляции органического вещества, в том числе в виде гумуса. Подтверждающим фактором накопления органики является более высокая абсолютная и относительная численность актиномицетов в целинных почвах по сравнению с почвами под лесными насаждениями всех видов древостоев. Известно, что степные целинные почвы характеризуются большей численностью и видовым разнообразием по сравнению с почвами под лесом. В то же время под лесными насаждениями регистрируется численность микромицетов, в 2–2,5 раза превышающая таковую в целинных почвах, что следует из таблицы 3. Поскольку микроскопические грибы являются активными гидролитами, они обеспечивают минерализацию труднодоступных полимерных органических соединений (клетчатки, полисахаридов, лигнина и т.д.). Структура микробных комплексов, где повышается роль микроскопических грибов – активных гидролитиков, способствует процессу перевода стабильной части органики в легкоподвижные органические соединения.

После гидролитиков (бактерии на МПА, грибы на СА) и копитрофов (бактерии, в том числе актиномицеты на КАА) в микробных сукцессиях деструкция органических соединений на последних этапах принимают участие олиготрофные формы (олигонитрофилы и истинные олиготрофы). Численность этих микроорганизмов сопоставима с количеством бактерий, растущих на богатой органической среде МПА. Это свидетельствует о достаточной трофности как целинных почв, так и почв под лесом, что подтверждают коэффициенты олиготрофности (ПА/МПА), незначительно превышающие 1.

## Ферментативная активность почв

Объект	Глубина, см	Уреаза	Протеаза	Инвертаза	Каталаза
Целина	0–10	0,55	0,68	11,74	0,25
	10–20	0,37	0,61	7,64	0,21
Лиственница	0–10	0,40	0,76	10,54	0,23
	10–20	0,32	0,46	9,26	0,25
Вяз + лиственница	0–10	0,65	0,65	3,72	0,10
	10–20	0,34	0,60	2,30	0,10
Сосна	0–10	0,71	0,88	16,4	0,25
	10–20	0,51	0,50	5,40	0,21

*Примечание. Уреаза, мг аммонийного азота/ 5г сухой почвы за 4 ч. Протеаза, мг аммонийного азота / 10г почвы за 20 ч. Инвертаза, мг глюкозы / г сухой почвы за 24 ч. Каталаза, мл 0,1н КМnO<sub>4</sub>/г сухой почвы за 20 мин.*

Объективная возможность оценить суммарную биологическую активность и, в некоторой степени плодородие почвы существует за счет определения таких ферментов, как инвертаза, каталаза, уреазы. Ф.К Хазиев (1982) считает, что характерная для почвы потенциальная ферментативная активность устанавливается весной и осенью, когда отсутствует ризосферный эффект. Тем не менее, автор рекомендует обязательное определение ферментативной активности в течение вегетационного сезона, так как в этот период создается биологическая продукция, масса которой определяется плодородием почвы. Показателем степени развития окислительных процессов в почве является каталаза. Процессы интенсивного гидролитического распада органического вещества в почве сменяются биологическим (микробиологическим) окислением его составляющих – белков, углеводов и других компонентов. Показатели каталазной активности в почвах исследуемых объектов имеют близкие значения в пределах 0,21–0,25 мл 0,1н КМnO<sub>4</sub>/г сухой почвы за 20 мин (табл. 4). Исключение составляет почва под смешанным насаждением (вяз+лиственница), где регистрируются минимальные показатели активности каталазы в слое 0–10 и 10–20 см (0,10). Такую разницу в параметрах каталазной активности почв можно объяснить, тем, что активность данного фермента зависит от жизнедеятельности микроорганизмов, участвующих в процессах соокисления легкодоступного органического вещества в почвах. При прочих равных условиях (режим влажности, воздухообеспеченность), определяющих каталазную активность микробных комплексов, следует отметить, что в почве под вязом и лиственницей накапливается больше органического вещества труднодоступного окисления.

Аналогичная тенденция выявляется при измерении активности инвертазы, которая так же, как каталаза относится к ферментам окислительно-восстановительной группы. По данным Н.Д. Сорокина (2009), инвертазная активность в меньшей степени зависит от характера фитоценоза и в большей степени от почвенно-биологических условий, особенно от микробной трансформации органического вещества – его деструкции и окисления до конечных продуктов. Таким образом, сравнительно низкие величины инвертазной и каталазной активности в почвах под смешанным насаждением имеют одни и те же причины. Сопоставление инвертазной и каталазной активности исследуемых участков показывает, что более интенсивный энергетический обмен происходит с усилением ксерофитных условий и особенно с участием травянистой растительности (целина), где регистрируются максимальные величины этих ферментов (табл. 4).

Протеаза и уреазы относятся к ферментам азотно-углеродного цикла. Протеолитические ферменты играют определяющую роль в круговороте азота, принимая непосредственное участие в динамике его усвояемых форм. Их активность во многом определяется содержанием органического вещества в почвах, деятельностью микроорганизмов и активностью ферментов корневых систем. Согласно некоторым данным по протеолитической активности, можно определить устойчивость лесных видов к усыханию при оценке эффективности лесополос степной зоны. Анализ результатов определения протеазной активности почв исследуемых объектов свидетельствует о том, что при имеющихся различиях в верхнем 0–10 см слое суммарная активность фермента на глубине 0–10 и 10–20 см имеет практически одинаковые значения в пределах 1,2–1,4 мг аммонийного азота/ 10г почвы за 24 ч. Это свидетельствует о том, что компоненты, определяющие активность протеазы (содержание органического вещества, комплекс микроорганизмов – гидролитиков, жиз-

недеятельность корневых систем растений) исследуемых участков, оказывают практически равное влияние на работу ферментных систем протеолитического цикла. Некоторые отличия в превышении параметров протеазной активности почв под сосной можно объяснить качеством опада и органического вещества почвы, так как сосновые насаждения по возрасту превосходят лиственницу и вяз на 10–15 лет. Сопряженные сукцессии микробных комплексов азотно-углеродного цикла и органического вещества в верхних почвенных горизонтах под сосной привели к более активной мобилизационной деятельности биоты. Об этом свидетельствуют высокие показатели уреазной активности почв под сосной. Известно, что активность уреазы проявляется в большей степени на конечных стадиях разложения азотсодержащих соединений.

**Заключение.** Установленные почвенно-агрохимические свойства и биогенные показатели плодородия почв свидетельствуют о формировании оптимальных условий произрастания искусственных лесных посадок разного видового состава в прибрежной зоне лечебного озера Шира. Это выражается в хорошей микоризации корневых окончаний, особенно у хвойных пород, отсутствии инфекций, болезней древесных растений, их обильном семяношении и удовлетворительном лесовозобновлении.

Оценивая ферментативную активность почв исследуемых участков (целина, лиственница, вяз+лиственница, сосна) в сопоставлении с численностью эколого-трофических групп микроорганизмов, можно говорить о сбалансированности почвенно-биологических процессов синтеза-ресинтеза органического вещества в условиях целины и искусственных лесных насаждений в прибрежной зоне озера Шира.

Через активное развитие микоризы на корнях древесных растений, особенно хвойных видов, проявляется их фиторемедиационный эффект. Усиление микоризации корневых окончаний приводит к устойчивости и долговечности этой породы в защитных искусственных насаждениях на сухостепных почвах прибрежной зоны озера Шира.

Экологическое значение искусственных лесных посадок в степной зоне Хакасии огромное в связи с тем, что подобные ландшафты требуют особой охраны и рационального природопользования. Дальнейший мониторинг плодородия почв этих уникальных модельных антропогенных экосистем является приоритетной и актуальной задачей для создания устойчивого ландшафтно-системного обустройства данной зоны.

### Литература

1. Выращивание лесных полос в степях Сибири / *Е.Н. Савин, А.И. Лобанов, В.Н. Невзоров* [и др.]. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 102 с.
2. Классификация и диагностика почв России: оригинал-макет / Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева. – Смоленск-Ойкумена, 2004. – 341 с.
3. *Клецев Т.И.* Защита корней семян от подсыхания при механизированной посадке // Механизация работ в лесном хозяйстве Сибири. – М., 1980. – 120 с.
4. *Кулик К.Н.* Опустынивание земель и защитное лесоразведение в Российской Федерации // Опустынивание земель и борьба с ним: мат-лы междунар. науч. конф. 16–19 мая 2006 г. – Абакан, 2007. – С. 25–29.
5. *Лобанов А.И., Вараксин Г.С., Савостьянов В.К.* Роль защитных лесных насаждений Ширинской степи (Хакасия) в предотвращении опустынивания // Опустынивание земель и борьба с ним: мат-лы междунар. науч. конф. 16–19 мая 2006 г. – Абакан, 2007. – С. 87–94.
6. *Никитина З.И.* Микробиологический мониторинг наземных экосистем. – Новосибирск: Наука, 1991. – 219 с.
7. *Попов В.П., Попова О.С.* Продуктивность пахотных угодий в системе лес–поле // Роль науки в развитии сельского хозяйства Приенисейской Сибири: мат-лы науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию аграрного освоения Енисейской губернии. – Красноярск, 2008. – С. 42–45.
8. Почвенные условия и рост лесных защитных насаждений / под ред. *Н.В. Орловского*. – Красноярск, 1975. – 127 с.
9. *Сорокин Н.Д., Молоков В.А.* Повышение приживаемости культур лиственницы в степных районах Хакасии // Лесн. хоз-тво. – 1985. – №5. – С. 55–57.
10. *Сорокин Н.Д., Молоков В.А., Москалев А.К.* О повышении приживаемости культур лиственницы в степных районах Хакасии // Лесн. хоз-во. – 1998. – №6. – С. 38–40.

11. *Сорокин Н.Д.* Микробиологическая диагностика лесорастительных состояний почв Средней Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – 211 с.
12. *Хазиев Ф.К.* Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. – М.: Наука, 1982. – 204с.
13. *Хазиев Ф.К.* Методы почвенной энзимологии. – М.: Наука, 2005. – 252 с.
14. *Шемаханова Н.М.* Микотрофия древесных пород. – М.: Изд-во АН СССР. – 1962. – 375 с.

