

О. В. Бахур, ассистент

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ПОЧВ СОСНОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ

The data of pine phytocenosis soils biotesting are compared with contents of the most dangerous and widespread heavy metals in the same objects, subjected to a different degree of industrial pollution.

Необходимость решения проблемы сохранения продуктивности лесов в условиях непрерывно увеличивающейся техногенной нагрузки и темпов использования лесных ресурсов определяет важность раннего обнаружения негативных воздействий среды на лесные фитоценозы.

Исследованиями ряда авторов установлено, что техногенное загрязнение нарушает физиолого-биохимическое состояние ассимиляционного аппарата хвойных задолго до появления различимых симптомов повреждения [1, 2]. Поэтому даже первоначально обнаруженные визуально заметные изменения состояния ассимиляционных органов древесных растений (особенно хвойных) могут характеризовать более глубокие нарушения, эффективно предотвратить которые путем проведения соответствующих лесохозяйственных мероприятий уже невозможно [2, 3, 4].

Развитие промышленности и ухудшение экологической ситуации за последние десятилетия потребовали для сохранения и защиты природной среды поиска новых подходов, одним из которых может быть введение в практику методов биологического тестирования. Последние основаны на регистрации ответной реакции (тест-реакции) на действие поллютантов (или проб окружающей среды) специально подобранных организмов (тест-объектов), выращенных в искусственных условиях или взятых из чистых мест обитания. В настоящее время эти приемы находят все большее распространение, поскольку с их помощью можно получить интегральную оперативную информацию о происходящих на ранних этапах изменениях в состоянии природной среды [5].

Биологическое тестирование образцов почвы и грунтовых вод на содержание поллютантов производилось с помощью лабораторного индикатора «Биотест», разработанного под руководством доктора биологических наук, профессора В. М. Юрина (кафедра биохимии и физиологии растений БГУ).

Проведено тестирование образцов почв и грунтовых вод сосновых насаждений Березинского биосферного заповедника (фоновый уровень), Борисовского лесхоза (зона умеренного хронического загрязнения) и территории, прилегающей к Новополоцкому промышленному району (зона сильного атмосферного загрязнения). Пробные площади на каждом объекте заложены в средневозрастных сосняках экологического ряда по увлажнению. Образцы почв брались в пятикратной повторности на каждой пробной площади с глубины 0–2, 5–10, 15–20 см, в пониженных местоположениях отбирались пробы грунтовых вод. В случае высокого уровня грунтовых вод образцы почвы отбирались на двух уровнях – 0–2; 5–10 см.

На основании биологических эффектов, вызываемых образцами почв разных горизонтов и типов леса пробных площадей Березинского заповедника, можно высказать ряд суждений о содержании и составе поллютантов в почвах. В целом, как и следовало ожидать, содержание поллютантов незначительно, поскольку наблюдаются малые изменения регистрируемых параметров при действии водных вытяжек почвенных образ-

цов. Величина и разнонаправленность наблюдаемых ответов тест-объекта говорят о различии как в количественном содержании, так и в компонентном составе поллютантов. Несколько больше содержится поллютантов в почве и, особенно, в грунтовых водах, в сосновых фитоценозах, произрастающих на пониженных элементах рельефа: в сосняках чернично-сфагновом, мшисто-черничном и чернично-мшистом. Сосновые фитоценозы атмосферного типа водного питания характеризуются накоплением поллютантов в верхних горизонтах с последующим уменьшением их концентрации с глубиной. В сосняке чернично-сфагновом наибольшее количество поллютантов содержится в грунтовых водах.

Результаты проведенного биотестирования почв Борисовского лесхоза показывают, что почвы сосняков, произрастающих на пониженных элементах рельефа с высоким уровнем грунтовых вод (сосняки березово-багульниковый, елово-кисличный, долгомошно-черничный), загрязнены сильнее почв сосняков елово-мшистого и елово-черничного, произрастающих на более высоких элементах рельефа. В почвах сосняков долгомошно-черничного и елово-черничного качественный состав поллютантов и их количественное содержание уменьшаются с глубиной. Для почв сосняка елово-мшистого характерно наиболее низкое содержание поллютантов, а также вымывание их из верхнего горизонта в нижние почвенные горизонты.

Данные биотестирования говорят о более интенсивном техногенном воздействии, оказываемом на сосновые фитоценозы Борисовского лесхоза по сравнению с сосновыми фитоценозами Березинского биосферного заповедника.

Почвы пробных площадей сосняков, произрастающих на пониженных элементах рельефа, загрязнены сильнее, чем сосняков, произрастающих на более высоких элементах рельефа. Эта тенденция прослеживается при различных уровнях техногенного воздействия.

По данным биотестирования можно сделать вывод, что в верхних почвенных горизонтах сосновых фитоценозов, произрастающих на повышенных элементах рельефа, происходит накопление поллютантов. В нижерасположенных почвенных горизонтах содержится меньшее количество поллютантов, и для них характерны меньшие концентрации последних.

В почвах сосновых фитоценозов, произрастающих на низких элементах рельефа, происходит накопление поллютантов во всех почвенных горизонтах. Наиболее загрязнены в этих условиях, по данным биотестирования, грунтовые воды.

Для сопоставления результатов биотестирования почв сосновых фитоценозов с результатами химического анализа проводился отбор образцов почвы и лесной подстилки по описанной ранее схеме. В почвах и лесной подстилке определялись тяжелые металлы Cd, Zn, Pb, Cu, Ni, Mn.

По варьированию содержания загрязняющих веществ в лесной подстилке сосновых насаждений на пробных площадях эти два объекта статистически достоверно различаются по свинцу и меди, которых в сосновых насаждениях Велятичского лесничества содержится больше, чем в сосняках пробных площадей Березинского заповедника. По остальным металлам статистически значимых различий не выявлено. Вместе с тем среднее содержание кадмия и цинка в подстилке сосняков Велятичского лесничества несколько выше, чем Березинского заповедника. Содержание никеля и марганца, наоборот, несколько ниже в лесной подстилке сосняков Велятичского лесничества, по сравнению с Березинским заповедником. Повышенным содержанием всех тяжелых ме-

таллов отличаются лесные подстилки сосняков, произрастающих на более пониженных элементах рельефа.

В разрезе ассоциаций разница по накоплению металлов в почвенном слое 5–10 см прослеживается значительно лучше, чем при сравнении их содержания в лесной подстилке. Так, хорошо заметно, что по накоплению всех металлов, за исключением марганца, выделяются в Березинском заповеднике сосняки чернично-сфагновый и мшисто-черничный, а в Велятичском лесничестве – сосняки березово-багульниковый и долгомошно-черничный, т. е. ассоциации, расположенные на пониженных элементах рельефа. Среднее содержание кадмия в почвах двух объектов примерно одинаковое, цинка, свинца и меди больше содержится в почвах сосняков Велятичского лесничества, хотя статистически значимое отличие содержания имеет только цинк. Среднее содержание никеля в почвах заповедника несколько выше, чем в почвах Велятичского лесничества.

Для почв сосновых насаждений Борисовского лесхоза на глубинах 15–20 см характерно большее среднее содержание всех металлов, за исключением марганца, по сравнению с почвами Березинского заповедника.

В целом, по данным анализа, для почв Березинского заповедника характерно накопление тяжелых металлов в лесной подстилке и верхних горизонтах почвы. Повышенной промывной способностью отличаются никель и цинк, для которых характерно слабое уменьшение содержания с глубиной. Свинец, кадмий и медь напротив, активно участвуют в химических превращениях в лесной подстилке, где наблюдается их повышенное содержание.

Для сосняков Борисовского лесхоза, как и для сосновых фитоценозов Березинского заповедника, присуща неоднородность процессов накопления тяжелых металлов в почве: несколько большее содержание металлов наблюдается в сосновых фитоценозах, произрастающих на пониженных элементах рельефа. В разрезе ассоциаций наибольшим содержанием поллютантов характеризуются сосняки березово-багульниковый и елово-кисличный, что соответствует результатам проведенного биотестирования. Результаты химического анализа подтверждают предположение, выдвинутое по результатам биотестирования, о незначительном снижении содержания тяжелых металлов с увеличением глубины в почве этих фитоценозов.

Таблица

Коэффициент корреляции параметров биотестирования и содержания тяжелых металлов в почвах сосновых насаждений

Параметр биотестирования	Cd	Zn	Pb	Cu	Ni	Mn
Березинский заповедник						
Потенциал, мВ	0,01	-0,40	-0,27	-0,11	-0,03	-0,02
Сопротивление, кОм/см ²	-0,21	-0,44	-0,57*	-0,31	-0,32	-0,03
Борисовский лесхоз						
Потенциал, мВ	-0,79*	-0,61*	-0,54*	-0,43	0,43	0,69*
Сопротивление, кОм/см ²	-0,74*	-0,45	-0,39	-0,52	0,07	0,67*

Примечание. * – коэффициент статистически значим.

В почвах сосняков долгомошно-черничного и елово-черничного содержится меньшее количество тяжелых металлов, чем в почвах сосняков предыдущих пробных площадей, что в целом соответствует результатам биотестирования.

Для сравнения содержания металлов в почве с измеряемыми параметрами биотестирования – изменением электрического потенциала и сопротивления – нами был применен метод ранговой корреляции. Для Березинского заповедника только у свинца выявлена статистически значимая взаимосвязь между изменениями сопротивления и содержания металла в почве.

Для пробных площадей Борисовского лесхоза выявлено, что на изменение потенциала оказывают влияние содержащиеся в почве свинец, кадмий, цинк, марганец, что статистически достоверно подтверждено. На изменение сопротивления статистически достоверно установлено влияние кадмия и марганца.

Если сравнить корреляции параметров биотестирования и данных химического анализа по содержанию тяжелых металлов в почве двух объектов, то можно сказать, что при увеличении степени техногенного воздействия более отчетливо проявляется связь наличия отдельных тяжелых металлов с измеряемыми параметрами биотестирования.

Подводя итоги, можно сказать, что результаты биотестирования в ряде случаев находятся в соответствии с данными по содержанию металлов в почве, а также дают представление об изменении содержания поллютантов в почве с глубиной, что подтверждается данными химического анализа.

Полученные результаты подтверждают, что ограниченное количество определяемых при исследовании в почве загрязняющих веществ не дает полной картины комплексного воздействия поллютантов на природные экосистемы. Кроме того, химический анализ отдельных соединений не дает возможности учесть всех превращений, которые претерпевают поллютанты в лесной подстилке и почве, а также не учитывает синергетического эффекта, который могут вызвать по отдельности содержащиеся в достаточном количестве и поэтому кажущиеся безопасными тяжелые металлы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эколого-биологический мониторинг хвойных лесов Беларуси в техногенной среде / Е. А. Сидорович, С. А. Сергейчик, А. А. Сергейчик и др. // Леса Беларуси и их рациональное использование: Материалы Международной научно-технической конференции, 29–30 ноября 2000 г., Минск / Минлесхоз РБ, Гос. ком. по науке и технол., БГТУ. – Мн., 2000. – С. 210–212.
2. Моложавский А. А. Состояние и особенности формирования древостоев в условиях интенсивного антропогенного воздействия (на примере Новополоцкого промрайона): Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05 / ГНУ «Ин-т эксп. бот. им. В. Ф. Купревича» НАНБ. – Мн., 2002. – 24 с.
3. Сергейчик С. А., Сергейчик А. А., Сидорович Е. А. Экологическая физиология хвойных пород Беларуси в техногенной среде. – Мн.: Беларуская навука, 1998. – 200 с.
4. Экологический мониторинг лесных ландшафтов Белоруссии / Е. А. Сидорович, А. И. Алехно, Е. Г. Бусько, А. Н. Иодо, М. М. Мотыль, Л. Д. Рак. – Мн.: Наука и техника, 1988. – 207 с.
5. Безкоровайная И. Н. Биологическая диагностика и индикация почв. – Красноярск: Красноярский гос. агр. ун-т, 2001. – 40 с.