

УДК 582.325:574.21 + 504.5:665.6/.7

ЛИСТОСТЕБЕЛЬНЫЕ МХИ КАК БИОИНДИКАТОРЫ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ РАЙОНА ПАДЕНИЯ ОТДЕЛЯЮЩИХСЯ ЧАСТЕЙ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ

¹Кузнецова И.А., ²Холостов С.Б.¹ФГБУН Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург,

e-mail: Kuznetsova@ipae.uran.ru;

²КГБУ «Аналитический центр», Пермь

Экспериментально показано, что листостебельные мхи могут быть использованы в качестве биоиндикаторов загрязнения окружающей среды нефтепродуктами.

Ключевые слова: листостебельные мхи, нефтяное загрязнение, биоиндикация

MOSSES AS BIOINDICATORS OF ENVIRONMENTAL POLLUTION OIL DISTRICT FALL SEPARATING A PART OF THE LAUNCH VEHICLE

¹Kuznetsova I.A., ²Holostov S.B.¹Institute of Plant and Animal Ecology, Ekaterinburg, e-mail: Kuznetsova@ipae.uran.ru;²Analytical center, Perm

It was experimentally shown that the Mosses can be used as bio-indicators of environmental pollution by oil products.

Keywords: mosses, oil pollution, bioindication

Развитие фундаментальных исследований, связанных с устойчивостью и изменением природных биоценозов под воздействием различных антропогенных факторов, в том числе – ракетно-космической деятельности, не теряет своей актуальности. Необходимость прогноза изменений среды и вызванных ими последствий возрастает пропорционально возрастающему воздействию на естественные природные комплексы. Столь же актуален и поиск путей предотвращения негативных последствий. Однако решить эти вопросы возможно лишь при определении самого факта наличия воздействия и его степени. Настоящее исследование посвящено изучению способности мхов к насыщению нефтепродуктами и возможности использования их в качестве биоиндикаторов при оценке антропогенного воздействия, в частности – нефтяного загрязнения на территории района падения отделяющихся частей ракет-носителей «Союз» (топливо – авиационный керосин) при выведении космических аппаратов на солнечно-синхронную орбиту с космодрома Байконур.

Территория проведения исследований находится на границе Свердловской и Пермской областей, координаты центра района падения (РП) – 60° 00' с.ш.; 58° 54' в.д., площадь – 2206,4 км². За период эксплуатации территории в качестве района падения состоялось 6 пусков ракет-носителей (РН): в декабре 2006, ноябре и декабре 2007, сен-

тябре 2009, июле и сентябре 2012 годов. Фрагменты отделяющихся частей ракет-носителей (ОЧ РН) обнаружены на г. Ольвинский Камень (N 59° 57', E 59° 12'), на восточном склоне г. Сенной Камень (N 59° 59', E 59° 06') и в верховьях р. Улс (N 59° 59', E 58° 59'). При осуществлении пусков ракет-носителей предусмотрено экологическое сопровождение приема фрагментов ОЧ РН, заключающееся в оценке содержания нефтепродуктов до и после падения ОЧ РН в основных депонирующих средах (почва, снег, вода водных объектов). Результаты этих работ не выявили каких-либо изменений состояния природной среды после пуска РН, как при визуальной оценке, так и при оценке загрязнения ракетно-космическим топливом. Результаты фонового мониторинга содержания нефтепродуктов в депонирующих средах подтвердили данное заключение [3]. Те же результаты получены и при сопровождении пусков 2012 года: различий в содержании нефтепродуктов в допусковых и послепусковых пробах воды и почвы не обнаружено.

В 2011–2012 годах проведены исследования возможности использования зеленых листостебельных мхов в качестве биоиндикаторов при контроле состояния природной среды и оперативной оценки происходящих изменений при аэрогенном загрязнении нефтепродуктами. Экспериментально установлена их способность к накоплению нефтепродуктов при атмосферном загрязнении.

Широкое распространение, морфологические и физиологические свойства мхов, их способность переносить неблагоприятные условия среды и высокая чувствительность к экотоксикантам позволяют использовать эти растения в качестве биоиндикаторов [1, 2]. Мох «принимает» все микропримеси из атмосферы, удерживая и накапливая их в течение всего времени жизни [4]. Несмотря на то, что за 3–5 лет зеленая (фотосинтезирующая) часть мха полностью обновляется, сам мох живет намного дольше. Мхи не имеют корневой системы, и, следовательно, вклад других источников, кроме атмосферных выпадений, в большинстве случаев органичен. Применяя современные методы химического анализа можно установить элементный состав атмосферных выпадений в месте сбора и количественно определить концентрацию того или иного химического вещества, накопленного мхом за определенный период времени. Использование мхов в качестве индикаторов атмосферного загрязнения имеет существенные преимущества перед традиционными методами, поскольку сбор

образцов несложен, не требует дорогостоящей аппаратуры как для пробоотбора воздуха и осадков; процесс сбора, транспортировка и хранение мха менее трудоемко.

Чаще всего для биоиндикации рекомендуют использовать эпифитные мхи, произрастающие на коре деревьев и практически не связанные с почвой (на них практически не сказывается гетерогенный состав почв). Однако, при контроле загрязнения природной среды продуктами ракетно-космической деятельности, в равной степени воздействующей на все компоненты природного комплекса, названная особенность напочвенных мхов не мешает решению поставленной задачи.

Материал и методы исследования

В 2011–2012 гг. проведены экспериментальные исследования адсорбционной способности зеленых листостебельных мхов к накоплению нефтепродуктов. Образцы для исследований отобраны в основных мониторинговых точках района падения ОЧ РН, поскольку сразу же предполагалось использовать полученные значения как фоновые при дальнейших исследованиях в ходе экологического сопровождения пусков ракет-носителей. Места отбора образцов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Место отбора проб листочестебельных мхов	Координаты	
	N	E.
Хр. Еловая грива	N 60° 07' 17»	E 59° 18' 10»
Р. Улс	N 60° 06' 55»	E 58° 53' 20»
Хр. Кваркуш склон	N 60° 07' 30»	E 58° 45' 25»
Хр. Кваркуш плато 1	N 60° 08' 21»	E 58° 47' 54»
Г. Сенной камень	N 59° 58' 34»	E 59° 04' 59»
Главный уральский хребет	N 60° 05' 27»	E 59° 08' 16»
Хр. Кваркуш плато 2	N 60° 09' 33»	E 58° 41' 30»
Г. Казанский камень	N 60° 06' 41»	E 59° 02' 53»
Г. Ольвинский камень	N 59° 54' 10»	E 59° 10' 10»
Г. Конжаковский камень	N 59° 37' 59»	E 59° 08' 26»

Для химического анализа отбирались пробы листостебельных мхов семейства *Polytrichaceae* (политриховые). При определении содержания нефтепродуктов, пробы мха экстрагировали гексаном, концентрацию нефтепродукта в экстракте определяли на приборе «Флюорат-02» по методике ПНД Ф 16.1:2.21-98 (Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв, грунтов флуориметрическим методом с использованием анализатора жидкости «Флюорат-02»). Отдельно определили влажность мха и проводили пересчет концентраций нефтепродуктов на сухое вещество пробы.

Эксперимент по насыщению мха керосином проводили статическим методом. В герметичный контейнер помещали навеску керосина. После ее испарения определяли его содержание в паровой фазе, затем в контейнер с пробой керосина вносили навеску пробы мха. Поскольку допускалось, что отмершие части растений и живые могут по-разному адсорбировать

нефтепродукты, в первый год работы пробы по этому признаку были разделены, и отмершие и живые части анализировались отдельно. После выдержки в течение 5 суток определяли содержание керосина в пробах мха. Коэффициент разделения вычисляли как отношение концентрации керосина в пробе мха к остаточной концентрации керосина в паровой фазе.

Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 2 представлены полученные значения содержания нефтепродуктов в сухих пробах мха: от 0,008 до 0,056 мг/кг сухой пробы (в среднем – 0,028 мг/кг) при влажности 23–56%.

Учитывая, что пробы для определения содержания нефтепродуктов отбирались в периоды, не связанные с эксплуатацией

территории в ракетно-космической деятельности (т.е. – вне пусков ракет-носителей), на территории, не подверженной

антропогенному воздействию, полученные значения могут быть расценены при дальнейших исследованиях как фоновые.

Таблица 2

Результаты фонового мониторинга состояния листостебельных мхов в районе падения ОЧ РН

Место отбора проб	Содержание нефтепродуктов, мг/кг сухой пробы (влажность, %)	
	2011 г.	2012 г.
Хр. Еловая грива	0,031 (38)	0,042 (56)
Р. Улс	0,012 (42)	0,028 (51)
Хр. Кваркуш склон	0,022 (29)	0,021 (50)
Хр. Кваркуш плато 1	0,014 (31)	0,034 (54)
Сенной камень	0,008 (23)	0,012 (48)
ГУХ		0,045 (46)
Кваркуш плато 2		0,014 (51)
Казанский камень		0,033 (39)
Оливинский камень		0,056 (42)
Конжаковский камень		0,040 (50)

В 2011 году начато исследование адсорбционной способности мхов, и прежде всего проведен анализ способности к насыщению нефтепродуктами живых зеленых и отмерших частей мха. Обнаруженные различия незначительны и закономерны (табл. 3), что позволяет ими пренебречь и в дальнейшем использовать в качестве анализируемой пробы образец

мха целиком (без разделения на живые и отмершие части).

Значения содержания нефтепродуктов в пробах мха после пятидневной выдержки в парах керосина превысили фоновые значения практически на порядок. Интервал значений содержания нефтепродуктов в мхах по окончании эксперимента составил 0,198–0,296 мг/кг (среднее значение – 0,240 мг/кг) (табл. 3).

Таблица 3

Результаты экспериментального исследования по насыщению листостебельных мхов парами керосина

Место отбора проб	Содержание нефтепродуктов в мхе, мг/кг (содержание нефтепродуктов в паровой фазе, мг/м ³)			Коэффициент разделения содержания нефтепродуктов в сухом мхе (тв. фаза)/в паровой фазе	
	2011 г.		2012 г.	2011 г.	2012 г.
	верхняя (зеленая) часть мха	нижняя (отмершая) часть мха	суммарная проба мха		
Хр. Еловая грива	0,214 (21)	0,235 (21)	0,222 (22)	0,0107	0,0109
Р. Улс	0,281 (25)	0,264 (25)	0,294 (23)	0,0109	0,0128
Хр. Кваркуш склон	0,228 (23)	0,234 (23)	0,213 (21)	0,0100	0,0101
Хр. Кваркуш плато 1	0,198 (20)	0,201 (20)	0,256 (22)	0,0099	0,0116
Г. Сенной камень	0,205 (22)	0,211 (22)	0,199 (23)	0,0095	0,0087
ГУХ			0,247 (22)		0,0112
Хр. Кваркуш плато 2			0,289 (20)		0,0145
Г. Казанский камень			0,244 (21)		0,0116
Г. Оливинский камень			0,296 (21)		0,0141
Г. Конжаковский Камень			0,275 (22)		0,0125

Полученные результаты убедительно подтверждают возможность использования листостебельных мхов в качестве организмов-биоиндикаторов при оперативной оценке атмосферного загрязнения при-

родной среды нефтепродуктами. Тот факт, что живые зеленые и отмершие части мха в равной степени реагируют на насыщение парами керосина, существенно облегчает работу при использовании мхов в ведении

комплексного экологического состояния природной среды.

Заключение

В результате проведенных экспериментальных исследований получены фоновые значения уровня содержания нефтепродуктов в листоватых мхах, широко распространенных на территории Северного Урала, и в том числе – в районе падения отделяющихся частей ракет-носителей. В среднем в тканях мхов в естественной среде содержится 0,028 мг/кг сухой массы при влажности 23–56%. Установлена высокая адсорбционная способность зеленых мхов: при пятидневной выдержке в парах керосина содержание нефтепродуктов в пробах мха возрастает на порядок. Полученные результаты подтверждают возможность использования листоватых мхов в качестве биоиндикаторов как минимум при оценке атмосферного загрязнения нефтепродуктами. Определение фоновых значений позволяет рекомендовать использование этого объекта при экологическом сопровождении предстоящих пусков ракет-

носителей как на территории Свердловской области, так и во всех иных районах падения ОЧРН, расположенных в лесной и горно-лесной зоне.

Работа выполнена по проекту ориентированных фундаментальных исследований в рамках соглашений о сотрудничестве УрО РАН с государственными корпорациями, научно-производственными объединениями № 12 -4-006-КА.

Список литературы

1. Гусев А.П., Соколов А.С. Информационно-аналитическая система для оценки антропогенной нарушенности лесных ландшафтов // Вестник Томского государственного университета. – 2008. – № 309. – С. 176–180.
2. Железнова Г.В., Шубина Т.П. Мхи естественных среднетрапезных растительных сообществ Южной части Республики Коми // Теоретическая и прикладная экология. – 2010. – № 4. – С. 76–83.
3. К организации комплексного мониторинга состояния природной среды в районе падения отделяющихся частей ракет-носителей на территории Северного Урала / И.А. Кузнецова, И.Н. Коркина, И.В. Ставищенко, Л.В. Черная, М.Я. Чеботина, С.Б. Холостов // Известия Коми научного центра Уральского отделения РАН. – 2012. – № 2(10) . – С. 57–67.
4. Серебрякова Н.Н. Влияние ксенобиотиков на физиологию и биохимию листоватых мхов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2007. – № 12. – С. 71–75.