

УДК 502.175:504.5:66

## 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. СТАВИШЕНКО\*, Л.В. ЧЕРНАЯ\*, М.Я. ЧЕБОТИНА\*, С.Б. ХОЛОСТОВ\*\*

\*ФГБУН *Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург*

\*\*КГБУ *«Аналитический центр», г. Пермь*

*Kuznetsova@ipae.uran.ru*

Представлены результаты фонового мониторинга состояния природной среды в районе падения отделяющихся частей ракет-носителей на Северном Урале: прослежена степень загрязнения снегового покрова, почвы, воды водных объектов нефтепродуктами. Рассмотрена возможность использования при оценке загрязнения природной среды нефтепродуктами таких биоиндикаторов, как водные беспозвоночные, зеленые мхи, дереворазрушающие грибы. Приведены результаты исследования степени загрязнения территории тритием.

**Ключевые слова:** нефтяное загрязнение, радиоактивное загрязнение, мониторинг, окружающая среда, биоиндикация, водные беспозвоночные, мхи, дереворазрушающие грибы

I.A. KUZNETSOVA, I.N. KORKINA, I.V. STAVISHENKO, L.V. CHERNAYA, M.YA. CHEBOTINA, S.B. HOLOSTOV. **TO ORGANIZATION OF COMPLEX MONITORING OF ENVIRONMENT CONDITION IN THE AREA OF FALLING OF SEPARATING PARTS OF CARRIER-ROCKETS IN TERRITORY OF THE NORTHERN URALS**

The results of complex monitoring of environment condition in the area of falling of carrier-rockets separating parts in the North Urals are presented. The degree of oil pollution of snow cover, soil, water from rivers and lakes is studied. Use possibility of such bio-indicators as aquatic invertebrates, green mosses and wood-destroying fungi when evaluating the environmental oil pollution is considered. Research results of the degree of tritium pollution of the territory of fall are given.

**Key words:** oil pollution, radioactive pollution, monitoring, environment, bioindicator, aquatic invertebrates, mosses, wood-destroying fungi

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 увеличению воздействия на естественные природные комплексы. Столь же актуален и поиск путей предотвращения негативных последствий воздействия человека на природу. Для решения этих задач необходимы сведения о характере многолетней динамики состояния экосистем, получить которые невозможно без длительных и регулярных наблюдений за отдельными их компонентами. Настоящее исследование посвящено результатам комплексного экологического мониторинга состояния природной среды территории, используемой в качестве района падения отделяющихся

частей ракет-носителей «Союз» при выведении космических аппаратов на солнечно-синхронную орбиту с космодрома Байконур.

Координаты центра района падения (РП) – Е 60° 00' с.ш.; N 58° 54' в.д., площадь 2206,4 км<sup>2</sup>. К настоящему времени территория четыре раза принимала фрагменты отделяющихся частей (ОЧ) ракет-носителей (РН): в декабре 2006, ноябре и декабре 2007 и сентябре 2009 г. Координаты мест обнаруженных фрагментов ОЧ РН: N 59°12' E 59°57'; N 59°12' E 59°51'; N 59°12' E 59°52'; N 59°59' E 59°06'; N 59°59' E 58°59'.

При осуществлении пусков РН предусмотрено экологическое сопровождение приема фрагментов ОЧ РН путем оценки загрязнения природной среды ракетно-космическим топливом (при пусках РН «Союз» – авиационным керосином). Индикационными параметрами загрязнения природной среды являются почва, снег, вода водных объектов.

Вместе с тем с 2006 г. специалистами Института экологии растений и животных УрО РАН проводится фоновый экологический мониторинг состояния природной среды РП, при котором основное внимание уделяется контролю загрязнения территории нефтепродуктами.

За основу при организации мониторинга принята система наблюдений, разработанная для особо охраняемых природных территорий Свердловской области [1]: регулярно контролируется состояние почв, снежного покрова, воды водных объектов; отслеживается динамика численности мелких млекопитающих двух типов биоценозов: пихто-ельника с кедром и березового криволеся; определяется численность наиболее многочисленного представителя водных беспозвоночных – личинок ручейника. В результате 5-летнего цикла исследований (2006 – 2010 гг.) подтверждено отсутствие негативного воздействия произведенных пусков ракет-носителей на территорию района падения, определены фоновые значения контролируемых параметров и диапазон их изменчивости [2].

В 2011 г. фоновый мониторинг состояния природной среды продолжен. При этом набор наблюдаемых параметров изменен. Использование в качестве индикаторного объекта населения мелких млекопитающих сочтено нецелесообразным, поскольку их популяционная динамика численности и пространственная изменчивость весьма затрудняют идентификацию изменений сообщества, обусловленных загрязнением природной среды. В качестве биоиндикаторов введены зеленые мхи (оценка их способности к накоплению нефтепродуктов) и дереворазрушающие грибы (оценка ценоти-

ческого видового разнообразия, концентрации доминирования, генеративной, конкурентной и фитопатогенной активности видов). Кроме того, в 2011 г. определен уровень радиоактивного загрязнения на исследуемой территории в сравнении с территорией ближайшего источника радионуклидов – производственного объединения (ПО) «Маяк» (Челябинская область). Данная работа проведена, главным образом, с целью ответа на опасения местных жителей, убежденных, что таковое загрязнение при ракетно-космической деятельности непременно присутствует.

Наблюдения и отбор проб на содержание нефтепродуктов проведены в пределах постоянных мониторинговых постов в районе падения ОЧ РН и на прилегающих территориях (табл. 1). Пробы почвы, снега и воды отбирались согласно требованиям ГОСТа 17.1.3.07-82; ГОСТа 17.1.5.05-85; ГОСТа 17.4.3.04-85; ГОСТа 26204-84 – ГОСТа 26213-84; ГОСТа 28168-89; ГОСТа 17.4.01 - 83 (СТ СЭВ 3847-82); анализ на содержание нефтепродуктов произведен по стандартным методикам (МУК 4.1.1061-01, ПНД Ф 16.1:2.2.22-98; ПНД Ф 14.1:2.57-96; ПНД Ф 14.1:2.4.168-00) методом инфракрасной спектрометрии с использованием концентратомера КН-2 в ФГУ «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Уральскому федеральному округу» (2006 – 2010 гг.), с 2011 г. химический анализ содержания нефтепродуктов в воде водных объектов осуществляется в КГУ «Аналитический центр», г. Пермь. Пробы почвы и снега передавались в химическую лабораторию без консервации, пробы воды консервировались согласно инструкции Р 52.24.353-94. Методики выполнения работ с биологическими объектами описаны в соответствующих разделах.

Таблица 1

*Постоянные посты наблюдений в районе падения ОЧ РН и на прилегающих территориях*

№	Место проведения наблюдений	Координаты	№	Место проведения наблюдений	Координаты
1.	хр. Кваркуш	N 60° 08' E 58° 40'	20.	руч. на Сенном Камне	N 59° 59' E 59° 06'
2.	хр. Кваркуш (склон)	N 60° 07' E 58° 52'	21.	р. Ольва	N 59° 56' E 59° 18'
3.	г. Казанский Камень	N 60°09' E 59° 05'	22.	р. Колонга	N 60° 08' E 59° 48'
4.	г. Ольвинский Камень	N 59° 52' E 059° 04'	23.	оз. Березовое	N 59° 44' E 59° 37'
5.	г. Ольвинский Камень (склон)	N 59°50' E 59°15'	24.	г. Конжаковский Камень	N 59°37' E 59°08'
6.	г. Сенной Камень	N 59° 59' E 59° 04'	25.	Главный Уральский Хребет	N 60° 06' E 59°08'
7.	г. Сенной Камень (склон)	N 59°57' E 59°00'	26.	р. Серебрянка	N 59° 36' E 59° 24'
8.	р. Пожва	N 59°54' E 58°56'	27.	р. Йов	N 59° 44' E 59° 25'
9.	Главный Уральский хребет (склон)	N 60° 13' E 59° 12'	28.	г. Серебрянский Камень	N 59° 37' E 59° 23'
10.	р. Вагран	N 60° 06' E 59° 06'	29.	хр. Сосьвинский	N 60° 08' E 59° 10'
11.	р. Сурья	N 60° 09' E 59° 17'	30.	р. Княспинский Исток	N 59° 54' E 59° 45'
12.	хр. Еловая грива	N 60° 07' E 59° 18'	31.	р Антипинский Исток	N 59° 51' E 58° 53'
13.	оз. Б. Княспинское	N 59°55' E 59°34'	32.	р. Каква	N 59° 41' E 59° 46'
14.	оз. Валенторское	N 59°55' E 59°34'	33.	р. Турья	N 59° 46' E 59° 56'
15.	г. Буртым	N 59°44' E 059 20'	34.	Косьвинское плечо	N 59° 32' E 59° 05'
16.	р. Улс (среднее течение)	N 60° 06' E 58° 56'	35.	Карпинск	N 59° 46' E 59° 56'
17.	р. Улс (верховье)	N 59° 59' E 58° 59'	36.	р. Коноплянка	N 59° 12' E 60° 27'
18.	р. Жиголан (1)	N 60° 11' E 58° 50'	37.	р. Тура	N 58° 43' E 60° 15'
19.	р. Жиголан (2)	N 60° 09' E 58° 50'	38.	р. Крив Вагранский	N 60°05' E 58°23'

## Атмосферное загрязнение

Таблица 2

**Содержание нефтепродуктов в суммарном снежном покрове.** Выбросы источников загрязнения городов и промышленных объектов переносятся воздушными потоками на значительное расстояние, определяя региональный фон загрязнения атмосферного воздуха. Значительное влияние на состояние природных сообществ оказывает большая группа органических веществ техногенного происхождения, поступающих от самых различных источников загрязнения. Среди них по экологической опасности, а главное – по масштабам распространения, выделяются сложные углеводородные смеси: нефти, нефтепродукты и их высокомолекулярные производные. С поступлением нефтепродуктов начинается процесс их естественного фракционирования и разложения. При этом некоторая часть нефтепродуктов механически выносятся водой за пределы территории загрязнения, часть подвергается химическому и биологическому окислению, легкие же фракции постепенно испаряются в атмосферу. К сожалению, в связи с трудоемкостью отбора проб воздуха и сложностью их анализа на широкий спектр химических элементов нефтепродукты в составе атмосферы контролируются редко.

Косвенным показателем состояния атмосферы могут служить данные о химическом составе проб атмосферных осадков, в том числе – в снежном покрове. Следует отметить, что снежный покров обладает рядом свойств, делающих его индикатором загрязнения не только самих атмосферных осадков, но и атмосферного воздуха, а также последующего загрязнения вод и почв. Снег не активен ни в химическом, ни в биологическом отношении, в нем не происходит химических трансформаций веществ. Обладая высокой сорбционной способностью, он поглощает из атмосферы значительную часть продуктов техногенеза и сохраняет накопленную информацию длительное время – до снеготаяния. Одна проба, отобранная по всей высоте снежного покрова (суммарный покров), дает представление о загрязнении за весь период от установления снежного покрова до момента отбора пробы. При этом отбор проб не требует сложного специального оборудования. Определение химического состава снежного покрова позволяет выяснить пространственные ареалы загрязнения, количественно рассчитать реальное поступление загрязняющих веществ в конкретные природные комплексы в течение периода с устойчивым снежным покровом.

Результаты химического анализа проб снежного покрова, отобранных в конце снежного сезона 2011 г., вновь подтвердили отсутствие загрязнения нефтепродуктами как на территории района падения, не подверженной антропогенному воздействию, так и на контрольных участках вблизи населенных пунктов (табл. 2). Значения содержания нефтепродуктов на исследованной территории стабильно не превышают значения ПДК нефтепродуктов в воде водных объектов (СанПиН), которая составляет  $1\text{ мг/дм}^3$ , а в 2011 г. они также не превышали ПДК для рыбохозяйственных водоемов:  $0,05\text{ мг/л}$ .

**Содержание нефтепродуктов в суммарном снежном покрове на территории района падения ОЧ РН и на контрольных территориях Северного Урала**

№ поста наблюдений	Место отбора проб	Содержание нефтепродуктов, $\text{мг/дм}^3$				
		2007г.	2008 г.	2009г.	2010г.	2011 г.
Район падения ОЧ РН						
1	хр. Кваркуш	-	-	0,06	-	-
3	г. Казанский Камень	0,05	-	-	-	-
10	р. Вагран	0,05	-	-	-	-
29	хр. Сосвинский Камень	-	-	0,07	-	-
12	хр. Еловая грива	0,75	-	0,07	-	-
7	г. Сенной Камень (склон)	-	-	-	0,08	-
6	г. Сенной Камень	-	0,299	0,05	-	-
4	г. Ольвинский Камень	-	-	-	-	0,05
5	г. Ольвинский Камень (склон)	0,09	0,14	0,06	0,05	0,04
15	г. Буртым	0,93	0,19	-	-	-
Контрольная территория						
-	р. Ауспия	0,05	-	-	-	-
-	р. Лозьва	0,05	-	-	-	-
-	г. Ауспи-Тумп (склон)	0,09	-	-	-	-
-	г. Ауспи-Тумп	0,08	-	-	-	-
13	оз. Б. Княсьпинское	-	-	-	-	0,05
-	пос. Каквинские Печи	0,23	-	-	-	-
-	пос. Кытлым	0,21	-	-	-	-
-	г. Краснотурьинск (территория комбината)	0,44	-	-	-	-
-	г. Краснотурьинск (центр города)	0,16	-	-	-	-
-	г. Краснотурьинск (окраина города)	0,09	-	-	-	-
-	г. Карпинск (центр города)	0,21	-	-	-	-
-	г. Карпинск (окраина города)	0,18	-	-	-	-
-	г. Волчанск	0,28	-	-	-	-
-	г. Североуральск	0,12	-	-	-	-
-	г. Ивдель (центр города)	0,12	-	-	-	-
-	г. Ивдель (окраина города)	0,28	-	-	-	-
-	пос. Полуночное	0,09	-	-	-	-

**Содержание трития в снежном покрове.**

Население прилежащих к району падения ОЧ РН городов и поселков, несмотря на информацию об отсутствии радиоактивного загрязнения при падении, по-прежнему опасаются, главным образом, именно этого загрязнения. Учитывая это, а также то, что траектория выведения РН с космодрома Байконур совпадает с одним из направлений распространения трития от основного возможного источника загрязнения – ПО «Маяк», в 2011 г. проведена специальная работа по оценке содержания трития в снежном покрове.

Тритий – радиоактивный изотоп водорода с периодом полураспада 12,4 года, относящийся к числу наиболее широко распространенных в природе химических элементов. В настоящее время не существует эффективных мер улавливания трития, поэтому он практически целиком поступает в природные экосистемы. Загрязняя воздушную среду, тритий вымывается из нее осадками (дождевыми, снеговыми) и оседает на земную поверхность. Перенос насыщенных тритием воздушных масс может стать причиной широкомасштабного загрязнения территории. Снег, сохраняющий радионуклид в течение всего зимнего периода, служит наиболее надежным индикатором контроля воздушной среды.

В районе расположения ПО «Маяк» содержание трития в снежном покрове исследовано с учетом розы ветров и расстояния от предприятия. Концентрация радионуклида в воде из снеговой территории меняется от 6 до 262 Бк/л. Повышенные значения концентраций трития обнаружены в непосредственной близости от предприятия, особенно в северном (до 262 Бк/л) и северо-восточном (до 256 Бк/л) направлениях. В радиусе до 10 км от ПО «Маяк» средняя концентрация трития в снеге имеет наиболее высокие показатели для северного ( $137 \pm 32$  Бк/л) и восточного ( $106 \pm 40$  Бк/кг) направлений и снижается в южном ( $64 \pm 18$  Бк/л) и западном ( $35 \pm 8$  Бк/л) направлениях. Роза ветров в районе ПО «Маяк» преимущественно северо-восточного направления, что позволяет предположить возможность распространения трития до района падения ОЧ РН [5].

Пробы снега для оценки содержания трития отобраны в трех точках наблюдений в РП ОЧ РН: на вершине горы Ольвинский Камень, на склоне этой горы и около озера Большое Княсьпинское и, для сравнения, по мере сокращения расстояния от ПО «Маяк» – в окрестностях г. Карпинска и по трассе Серов – Екатеринбург (реки Коноплянка и Тура). В качестве фоновой (контрольной) характеристики использованы данные содержания трития в снеговой воде с Косьвинского плеча ( $N 59^{\circ}32' E 59^{\circ}05'$ ), расположенного за пределами района падения, которые были получены в 2002 г.

**Методика исследования.** Пробы отбирали в конце периода снеготаяния (1 апреля 2011 г.) на всю глубину снежного покрова. Воду из снега очищали от механических загрязнений путем фильтрации и хранили в закрытых стеклянных емкостях. Для количественного определения трития в пробах воды проводили предварительное обога-

щение методом одноступенчатого электролиза. Метод основан на значительной разнице в скорости выделения легкого (протия) и тяжелых (дейтерия и трития) изотопов водорода при разрядке ионов на катоде в ходе электролитического разложения воды. Выделяющийся при этом молекулярный водород обогащается протием, а электролит – соответственно тритием и дейтерием (последнего в пробах мало, поэтому при количественном определении трития им можно пренебречь). Обогащение проводили с помощью специально сконструированной установки, подробно описанной в работе М.Я. Чеботиной и др. [6]. Количественное определение трития осуществляли на установке «Дельта-300», а его концентрацию вычисляли относительным методом путем сравнения пробы со стандартным раствором. Ошибка бэта-счета на счетной установке не превышает 5 %, чувствительность метода составляет 3 Бк/л.

Концентрация трития в снеговой воде контрольного района в 2002 г. составляла  $\sim 4$  Бк/л (табл. 3), что соответствует техногенному фону по тритию для Уральского региона – 4–5 Бк/л. [6]. Кон-

Таблица 3

**Содержание трития в воде из снега на территории района падения и контрольной территории**

№ поста наблюдений	Время отбора проб	Место отбора проб	Концентрация трития, Бк/л
Район падения ОЧ РН			
4	апрель 2011 г.	г. Ольвинский Камень	$5,8 \pm 0,2$
5	апрель 2011 г.	г. Ольвинский Камень (склон)	$8,1 \pm 0,1$
13	апрель 2011 г.	оз. Б. Княсьпинское	$7,7 \pm 0,2$
Контрольная территория			
34	июнь 2002 г.	Косьвинское плечо	$3,8 \pm 0,3$
Территории сравнения			
35	апрель 2011 г.	окрестности г. Карпинска	$8,8 \pm 1,6$
36	апрель 2011 г.	р. Коноплянка	$19,3 \pm 3,0$
37	апрель 2011 г.	р. Тура	$21,0 \pm 4,0$

центрация радионуклида на территории района падения ОЧ РН в 2011 г. несколько превышает контрольный показатель, что, возможно, обусловлено колебаниями уровня регионального фона. По мере приближения к ПО «Маяк» (г. Карпинск,  $N 59^{\circ}46' E 59^{\circ}56'$ – р. Коноплянка,  $N 59^{\circ}12' E 60^{\circ}27'$ – р. Тура,  $N 58^{\circ}43' E 60^{\circ}15'$ ) показатели содержания радионуклида в пробах снега увеличиваются. Полученные результаты, хотя и недостаточны для окончательного заключения, тем не менее, убедительно свидетельствуют об отсутствии радиоактивного загрязнения в районе падения ОЧ РН, а также, как минимум, не опровергают предположение о широкомасштабном распространении трития в северном направлении на территории Среднего и Северного Урала.

### Содержание нефтепродуктов в почвах Северного Урала

Мониторинговые наблюдения за состоянием почв – одна из важнейших составляющих комплексного экологического мониторинга природной среды. Регулярный контроль состава и свойств почв направлен на выявление изменений, которые влияют на выполнение почвами их экологических функций, определяющих состояние экосистем в целом. Однако организация почвенного мониторинга в значительной степени осложнена пространственно-временной изменчивостью почв. Она проявляется в пестроте почвенного покрова при типологических особенностях почв, формирующихся в пределах одной природной зоны, но в различных физико-географических районах, которые отличаются литологическими, ландшафтными и биогеоэкологическими условиями, а также сезонной и многолетней динамикой почвенных свойств. Изучение загрязнения почв нефтепродуктами (поступление нефтепродуктов извне) необходимо проводить на предварительно обследованной территории, для которой установлены показатели фонового содержания нефтепродуктов, поскольку один из наиболее сложных моментов диагностики нефтепродуктов в почвах – трудность распознавания среди углеводородов веществ природного происхождения и компонентов, поступивших в почвы техногенным путем. Известно, что на любых территориях концентрация нефтепродуктов в почвах и поверхностных водах достигает значительных величин из-за наличия в образцах углеводородов естественного происхождения, которые не дифференцируются принятыми методами анализа. В поверхностных горизонтах почв протекают как процессы разложения органических остатков, так и процессы синтеза специфических органических веществ – гумусовых кислот, представляющих собой органические высокомолекулярные соединения с ароматическими ядрами и периферическими алифатическими цепями с функциональными группами. Поэтому в верхних органоаккумулятивных горизонтах допустимо содержание алифатических и ароматических углеводородов как промежуточных звеньев реакций конденсации гумусовых веществ. Из этого следует, что для надежного определения степени нефтяного загрязнения территории необходимо учитывать существующие естественные фоновые концентрации углеводородов, что требует трудоемких, длительных и затратных исследований.

Почвенный покров территории района падения ОЧ РН, представляющей собой систему хребтов и межгорных котловин, характеризуется сложной структурой в связи с большим орографическим, геологическим и растительным разнообразием территории. В наиболее общем виде почвенный покров можно охарактеризовать следующими типами почв. На вершинах гор в гольцовом и подгольцовом поясе почвенный покров представлен комбинациями горных примитивных каменистых почв, горнолуговых глееватых и подзолов Al-Fe-гумусовых; горно-тундровые подбуры формируются преиму-

щественно на основных породах и образуют комплексы с горными примитивными каменистыми почвами. В зависимости от конкретного сочетания факторов почвообразования почвы на склонах в пределах горно-таежного пояса могут быть представлены горными бурыми почвами, горными бурыми оподзоленными, подзолистыми, подзолами Al-Fe-гумусовыми. В нижних частях склонов, низинах, межгорных котловинах распространены торфянисто- и торфяно-элювиально-глеевые почвы, торфянисто- и торфяно-глеевые почвы, торфяные болотные почвы с разной мощностью торфяного слоя. В поймах рек развиваются аллювиальные почвы и пойменные болотные почвы притеррасных болот.

Для содержащихся в почвах нефтепродуктов ПДК в настоящее время не стандартизировано. Обычно рекомендуются примерные показатели фонового содержания нефтепродуктов, составляющие для песчаных почв и черноземов 100 и для торфяных почв – 400 мг/кг. Ориентировочные допустимые концентрации (ОДК) легких нефтепродуктов для почв, характерных для Северного Урала (с низкой скоростью разложения углеводородов), составляют 2 000 мг/кг. Для Свердловской области каких-либо специальных разработок и документов по фоновым концентрациям нет.

В результате проведенных исследований получены значения содержания нефтепродуктов в почвенных образцах, не превышающие принятой ОДК для почв Северного Урала и которые могут расцениваться как фоновые концентрации углеводородов естественного происхождения. Полученные значения позволяют принять для этих почв за среднее фоновое содержание нефтепродуктов – до 450 мг/кг (табл. 4).

Таблица 4

#### Содержание нефтепродуктов в почвах на территории района падения и на прилегающих территориях Северного Урала

№ поста наблюдений	Место отбора проб	Содержание нефтепродуктов, мг/кг		
		2006 г.	2009 г.	2010 г.
Район падения ОЧ РН				
1	хр. Кваркуш	289	-	145
2	хр. Кваркуш (склон)	-	-	-
16	р. Улс	-	-	121
29	хр. Сосьвинский	-	-	138
12	хр. Еловая Грива	-	-	145
3	г. Казанский Камень	310	-	-
4	г. Ольвинский Камень	434	-	-
21	р. Ольва	-	-	149
6	г. Сенной Камень	-	-	95
Контрольная территория				
24	г. Конжаковский Камень	143	-	-
28	г. Серебрянский Камень	-	-	133
14	оз. Валенторское	211	-	-
-	хр. Молебный Камень	-	179	-
-	хр. Мань-Пупу-	-	61	-
-	Нёр	-	-	-

**Содержание нефтепродуктов в воде водных объектов Северного Урала**

Все ручьи и реки, расположенные в районе падения ОЧ РН, имеют ярко выраженный характер горных рек, собирая свои воды в основном за счет таяния снега, в меньшей степени – родников. В связи с этим можно утверждать, что полученные результаты исследований уровня загрязнения воды отражают не только состояние непосредственно речной системы, но и уровень атмосферного загрязнения в предшествующий снежный период.

Результаты химического анализа проб воды водотоков района падения и прилегающих территорий, отобранных в середине лета, показали практически полное отсутствие нефтяного загрязнения: содержание нефтепродуктов не превышает не только нормы СанПиН, но и во многих случаях ПДК для воды рыбохозяйственных водоемов: все полученные значения не превышают 0,07 мг/л (табл.5). Обращает на себя внимание отсутствие загрязнения в реках, расположенных вблизи населенных пунктов и дорог на контрольной территории.

Таблица 5

**Содержание нефтепродуктов в воде водных объектов на территории района падения и на прилегающих территориях Северного Урала**

№ поста наблюдений	Место отбора проб	Содержание нефтепродуктов, мг/дм <sup>3</sup>			
		2006 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.
Район падения ОЧ РН					
18	р. Жиголан	-	до 0.05	-	0,031
19	руч. Жиголан	-	до 0.05	0.05	до 0,005
16	р. Улс (среднее течение)	-	до 0.05	0.02	0,006
10	р. Вагран	-	-	0.02	-
21	р. Ольва	-	-	0.03	-
20	руч. на Сенном Камне	-	до 0.05	0.05	до 0,005
17	р. Улс (верховья)	-	0.08	-	-
Контрольная территория					
14	оз. Валенторское	0.06	-	-	-
13	оз. Б.Княсьпинское	0.07	-	0.04	-
22	р. Колонга	-	-	0.06	до 0,005
32	р. Каква	-	-	0.02	-
33	р. Турья	-	-	0.02	до 0,005
26	р. Серебрянка	-	-	0.02	-
27	р. Йов	-	-	0.05	-
38	р. Крив Вагранский	-	-	-	0,006
30	р. Княсьпинский Исток	-	-	-	до 0,005

**Оценка способности мхов к аккумуляции нефтепродуктов**

Широкое распространение, морфологические и физиологические свойства мхов, их способность переносить неблагоприятные условия среды и вы-

сокая чувствительность к различного рода загрязнениям делают эти растения весьма удобными для использования их в качестве биоиндикаторов для оценки окружающей среды. Мхи абсорбируют все микропримеси из атмосферы, удерживая и накапливая их в течение всего времени жизни. Несмотря на то, что за три-пять 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 узнать элементный состав атмосферных выпадений в месте сбора и количественно определить концентрацию того или иного химического элемента, накопленного мхом за определенный период времени. Использование мхов в качестве индикаторов атмосферного загрязнения не представляет сложности: сбор образцов, транспортировка и хранение не трудоемки.

Чаще всего для биоиндикации рекомендуют использовать эпифитные мхи, произрастающие на коре деревьев и практически не связанные с почвой, а значит – на них практически не сказывается ее гетерогенный состав. Используя же напочвенные мхи, невозможно исключить влияние почвы и того загрязнения, что в ней накоплено. Однако в нашем случае контроль загрязнения природной среды продуктами ракетно-космической деятельности, в равной степени воздействующих на все компоненты природного комплекса, названная особенность напочвенных мхов решению поставленной задачи не препятствует.

*Методика проведения экспериментальных исследований.* Работы по изучению абсорбции и накоплению мхами нефтепродуктов проведены в 2011 г. Содержание нефтепродуктов в напочвенных мхах определено путем перерасчета концентраций нефтепродуктов на сухое вещество пробы. Для химического анализа пробы мхов отбирались без учета видовой принадлежности. При выявлении содержания нефтепродуктов пробы мха экстрагировали гексаном, концентрацию нефтепродукта в экстракте устанавливали по показаниям прибора «Флюорат-02» по методике ПНД Ф 16.1:2.21-98 (Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом с использованием анализатора жидкости «Флюорат-02»). Отдельно определяли влажность отобранной биомассы и делали пересчет концентраций нефтепродуктов на сухое вещество пробы. Эксперимент по насыщению мха керосином проводили статическим методом. В герметичный контейнер помещали навеску керосина. После ее испарения устанавливали содержание керосина в паровой фазе. Затем в контейнер с пробой керосина вносили навеску пробы мха (верхней и нижней частей). После выдержки в течение пяти суток рассчитывали содержание керосина в пробах мха. Коэффициент разделения вычисляли как отношение концентрации керосина в пробе мха к остаточной концентрации керосина в паровой фазе.

В табл. 6 представлены значения содержания нефтепродуктов в сухих пробах мха: от 0,008

Таблица 6  
**Содержание нефтепродуктов в пробах зеленых мхов на территории падения**

№ поста наблюдения	Место отбора проб	Количество проб	Содержание нефтепродуктов, мг/кг	Влажность, %
12	хр. Еловая грива	3	0,031	38
16	р. Улс (среднее течение)	3	0,012	42
2	хр. Кваркуш (склон)	3	0,022	29
1	хр. Кваркуш	3	0,014	31
6	г. Сенной Камень	3	0,008	23

до 0,031 мг/кг сухой пробы при влажности 23-42 %. Поскольку данным способом эти показатели оценивались впервые, то полученные материалы могут быть расценены как базовые при дальнейших исследованиях. Значения содержания нефтепродуктов во мхах после пятидневной их выдержки в парах керосина превысили фоновые значения более, чем на порядок (табл. 7). Это подтверждает возможность использования данного растительного объекта в качестве индикаторного при экспрессной оценке атмосферного загрязнения природной среды нефтепродуктами. При этом содержание нефтепродуктов в живых зеленых и отмерших частях мха отличаются незначительно, что существенно облегчает работу при использовании мхов для оценки экологического состояния природной среды.

Таблица 7

**Результаты экспериментального исследования по насыщению проб мхов парами керосина**

Место отбора проб	Содержание нефтепродуктов			Кoeffициент разделения
	в паровой фазе, мг/м <sup>3</sup>	в верхней (зеленой) части мха, мг/кг	в нижней (отмершей) части мха, мг/кг	
хр. Еловая грива	21	0,214	0,235	0,0107
р. Улс (среднее течение)	25	0,281	0,264	0,0109
хр. Кваркуш (склон)	23	0,228	0,234	0,0100
хр. Кваркуш	20	0,198	0,201	0,0099
г. Сенной Камень	22	0,205	0,211	0,0095

**Водные беспозвоночные Северного Урала**

Пресноводные беспозвоночные (макрозообентос) удовлетворяют многим требованиям, предъявляемым к биоиндикаторам: практически повсеместная встречаемость, относительно крупные размеры, достаточно высокая численность, большое таксономическое разнообразие, сочетание приуроченности к определенному биотопу с подвижностью, длительный жизненный цикл. Нефтепродукты как высокотоксичные соединения при по-

падении в водные экосистемы вызывают глубокие перестройки в организме гидробионтов, часто затрагивающие генетический аппарат. Наиболее опасна нефть для организмов, находящихся на ранних стадиях развития: личиночные формы многих донных беспозвоночных в десятки и сотни раз чувствительнее к нефти, чем взрослые особи. Попадание значительного количества нефтепродуктов в водоем грозит нарушением баланса и функционирования экосистемы за счет снижения численности или исчезновения ключевых групп гидробионтов (чувствительных видов поденок, ручейников, веснянок, ракообразных), являющихся биоиндикаторами нефтяного загрязнения пресноводных водоемов [7, 8]. Следует отметить, что водные беспозвоночные реагируют не только на длительное, но и на кратковременное загрязнение среды нефтепродуктами (т.е. гибнут даже при возвращении в чистую воду). Это позволяет использовать их при оценке уровня загрязнения водной среды нефтепродуктами, контролируя количественный и качественный состав индикаторных видов гидробионтов. В качестве биоиндикаторов состояния водной среды в процессе наших исследований выбраны личинки ручейников – доминирующей и постоянной группы донного населения текучих вод Северного Урала, широко заселяющей чистые природные водоемы: ручьи, горные потоки, большие олиготрофные озера и равнинные реки. Эти высоко оксифильные организмы весьма чувствительны к повышенному содержанию химических веществ в водной среде. Личинки ручейников требовательны к чистоте воды и при загрязнении естественных экосистем сигнализируют о начале уже самых ранних стадий процесса их деградации – сокращается видовой состав и снижается уровень продуктивности этой группы зообентоса [9].

**Методика исследований.** Количественный учет личинок ручейников проведен методом прямого подсчета числа особей, обнаруженных прикрепленными к обратной стороне камней на 1 м<sup>2</sup> дна исследуемого водного объекта. Фаунистические исследования 2009-2010 гг. позволили определить ключевой участок наблюдений при мониторинге состояния природной среды на территории района падения ОЧ РН (среднее течение р. Улс) и оценить фоновую численность личинок ручейников рода *Stenophylax*: до 400 экз./м<sup>2</sup>. Следует подчеркнуть, что р. Улс протекает в центральной части района падения. Высокая численность в ней личинок ручейников – свидетельство экологически благополучного состояния как данного водотока, так и территории водосбора. Летом 2011 г. наблюдения на ключевом участке р. Улс были продолжены. Полученные результаты аналогичны: среднее течение р. Улс по-прежнему в значительной степени заселено личинками ручейников, несмотря на интенсивное использование реки на данном участке в рекреационных целях. Численность обнаруженных особей ручейников составляла 150-300 экз./м<sup>2</sup>. Снижение же количественных показателей этой группы гидробионтов по сравнению с предыдущим

годом обусловлено, вероятнее всего, характерной для нее особенностью многолетней динамики численности [10].

Во всех иных горных реках и ручьях численность личинок ручейника во все годы наблюдений была невысока, что и ожидалось при организации исследований. Поскольку для этих водотоков характерны высокая скорость течения, довольно низкая температура, практически полное отсутствие водной растительности и других групп гидробионтов – условия, не подходящие для личинок в качестве среды обитания.

### Дереворазрушающие грибы как биоиндикаторы состояния лесных экосистем

Дереворазрушающие, или ксилотрофные грибы – экологическая и трофическая группа видов, использующих древесные растения как субстрат для развития и расселения [11]. Ксилотрофные базидиомицеты представляют ключевой блок микобиоты, являющейся неотъемлемым компонентом лесных экосистем [12, 13]. Высокая чувствительность названной группы организмов к изменению климатических и антропогенных факторов позволяет использовать их как “тест-систему” для задач биоиндикации состояния лесных фитоценозов [14]. Однако количественные и качественные параметры, характеризующие тренды преобразований лесных сообществ ксилотрофных грибов в результате различного рода антропогенных воздействий на региональном уровне, все еще остаются недостаточно изученными.

С целью организации мониторинга состояния горно-таежных лесов в районе падения отделяющихся частей ракет-носителей под действием возможного загрязнения ракетно-космическим топливом изучены ведущие индикационные характеристики структуры комплексов ксилотрофных грибов: видовое разнообразие, концентрация доминирования, генеративная, конкурентная и фитопатогенная активность видов.

**Материалы и методы.** Микологические исследования проводились на участках приспевающих и спелых еловых лесов на западном склоне Северного Урала в среднем течении р. Улс и на склоне хр. Кваркуш (табл. 8). Изучались преимущественно афиллофороидные грибы – виды с неплас-

тинчатым гименофором. Субстратом являлась отмершая древесина – отпад (ветви, валеж, сухостой, пни, корни и т.д.) с развившимися базидиомицетами и без них, а также живые деревья, пораженные фитопатогенными грибами. Функциональная структура ценокомплексов ксилотрофных грибов, традиционно рассматриваемых в качестве консортов автотрофных растений, описана на уровне мезоценозов – консорций лесообразующих видов: *Abies sibirica* Ledeb., *Picea obovata* Ledeb., *Pinus sibirica* Du Tour. Показатель видового разнообразия ксиломикокомплексов, отражающий видовое богатство и обилие видов, определен при помощи индекса разнообразия Шеннона (H, E). Показатель концентрации доминирования видов в ксиломикокомплексах рассчитан при помощи индекса Бергера-Паркера (d).

Генеративная активность – численность грибов на исследуемых участках леса – определялась как отношение количества учетных единиц грибов к количеству учетных единиц субстрата (шт./ед. субстрата). Из-за невозможности визуального, без дополнительных лабораторных исследований определения отдельной “особи” базидиомицета, за учетную единицу каждого вида принималась дискретная единица древесного субстрата, заселенная тем или иным видом [15]. Конкурентная активность – численность учетных единиц грибов в многовидовых микоценозах (шт./ед. субстрата). Под микоценозойкой понимается совокупность базидиом одного или нескольких видов, развивающихся на отдельном древесном субстрате.

Фитопатогенная активность – доля фитопатогенного компонента в составе микобиоты (%). Патогенные виды грибов (факультативных сапротрофов и факультативных паразитов) выявляли при визуальном осмотре растущих деревьев, наличие факультативных сапротрофов также отмечали и на отпаде.

При сравнении характеристик генеративной и конкурентной активности были рассчитаны стандартные ошибки обилия учетных единиц грибов. Данные получены во второй декаде июля 2011 г. методом временных пробных площадей (ПП) на участках леса, включающих не менее 100 деревьев доминирующей породы. На каждой ПП было исследовано не менее 50 единиц отпада лесообразующих видов методом случайной выборки. Видовые названия грибов приведены по Index Fungorum (<http://www.indexfungorum.org>).

Таблица 8

#### Характеристика исследуемых участков леса

№ ПП (№ поста наблюдений)	Местоположение	Высота над ур.м., м	Тип леса	Состав древостоя	Группа возраста
1 (16)	р. Улс (среднее течение)	480	Ельник высокотравно-папоротниковый	6Е1ПЗБ	Приспевающий
2 (2)	хр. Кваркуш (склон)	600	Ельник ягодниково-зеленомошный	5Е1К4Б	Приспевающий
			Пихто-ельник крупнопоротниковый	6П2Е2Б	Спелый

На первом этапе мониторинга установлены ведущие параметры функциональной структуры комплексов ксилотрофных грибов участков леса ПП 1 и ПП 2, характеризующие их современное состояние (табл. 9). В микокомплексе припойменного участка леса (ПП 1) видовое обилие и концентрация доминирования в 1.5 раза выше, чем в микокомплексе



Таблица 9

**Основные характеристики функциональной структуры микокомплексов хвойных консорциев**

Характеристики	ПП 1	ПП 2
Видовое богатство (количество видов)	18	14
H (индекс Шеннона)	2,44	1,46
E (выравненность распределения видов)	0,84	0,55
d (индекс Бергера-Паркера)	0,36	0,22
Генеративная активность, шт./ед. субстратов	116,28±16,4	45,1±9,4
Конкурентная активность, шт./ед. субстратов	58,14±11,6	13,73±11,6
Фитопатогенная активность, %	12	4,35

участка горного леса на склоне хр. Кваркуш (ПП 2). Показатели генеративной и конкурентной активности в микокомплексе участка леса более низкого участка рельефа (ПП 1) почти вдвое больше по сравнению с таковыми участка повышенного уров-

ня рельефа на склоне хр. Кваркуш (ПП 2). Показатель фитопатогенной активности (доля фитопатогенного компонента) микокомплекса участка леса ПП 1 почти втрое превышает данную характеристику на участке ПП 2.

При описании консортивной структуры микокомплексов на участках леса ПП 1 и ПП 2 (табл.10) выявлены доминирующие виды. В микобиоте припойменного участка леса (ПП 1) доминантом является *Fomitopsis pinicola*, содоминантами выступают *F. rosea*, *Trichaptum abietinum*, *Phellinus chrysoloma*. Следует отметить, что *P. chrysoloma* (еловая губка) – патогенный вид, вызывающий стволовые гнили ели коррозийного типа. В микобиоте участка горного леса (ПП 2) обилие доминирующего вида *F. pinicola* значительно ниже, чем на участке ПП 1. Содоминантами выступают *Cystostereum murrayi*, *Hyphodontia pallidula*, *T. abietinum*, причем численность последнего также снижена.

При изучении функциональной структуры микобиоты в зонально-поясном градиенте на Среднем

Таблица 10

**Консортивная структура микокомплексов**

Виды	Численность, шт./ед. субстрата	
	ПП 1	ПП 2
<i>Fomitopsis pinicola</i> (Sw.) P. Karst.	41,86*	9,80*
<i>Fomitopsis rosea</i> (Alb. & Schwein.) P. Karst.	13,95**	1,96
<i>Trichaptum abietinum</i> (Dicks.) Ryvarden	13,95**	5,88**
<i>Phellinus chrysoloma</i> (Fr.) Donk	11,63**	–
<i>Cystostereum murrayi</i> (Berk. & M.A. Curtis) Pouzar	4,65	5,88**
<i>Hyphodontia pallidula</i> (Bres.) J. Erikss.	–	3,92**
<i>Armillaria borealis</i> Marxm. & Korhonen	2,33	–
<i>Antrodiella parasitica</i> Vampola	–	1,96
<i>Botryobasidium subcoronatum</i> (Höhn. & Litsch.) Donk	–	1,96
<i>Gloeocystidiellum convolvens</i> (P. Karst.) Donk	2,33	–
<i>Gloeophyllum sepiarium</i> (Wulfen) P. Karst.	2,33	1,96
<i>Gloiothete citrina</i> (Pers.) Ginns & G.W. Freeman [= <i>Vesiculomyces citrinus</i> (Pers.) E. Hagstr.]	2,33	1,96
<i>Oxyporus corticola</i> (Fr.) Ryvarden	–	1,96
<i>Peniophorella praetermissa</i> (P. Karst.) K.H. Larss. [= <i>Hyphoderma praetermissum</i> (P. Karst.) J. Erikss. & Å. Strid]	2,33	–
<i>Mucronella bresadolae</i> (Qué.) Corner	2,33	–
<i>Phanerochaete velutina</i> (DC.) Parmasto	2,33	–
<i>Phellinus hartigii</i> (Allesch. & Schnabl) Pat.	–	1,96
<i>P. weirii</i> (Murrill) Gilb.	–	1,96
<i>Phlebia mellea</i> Overh. [= <i>Phlebia centrifuga</i> P. Karst.]	2,33	–
<i>Phlebia firma</i> J. Erikss. & Hjortstam	2,33	–
<i>Руснопореллус фульгэнс</i> (Fr.) Donk	2,33	–
<i>Rigidoporus crocatus</i> (Pat.) Ryvarden	2,33	1,96
<i>Sidera lenis</i> (P. Karst.) Miettinen [= <i>Skeletocutis lenis</i> (P. Karst.) Niemelä]	2,33	–
<i>Steccherinum ochraceum</i> (Pers.) Gray	2,33	–
<i>T. fuscoviolaceum</i> (Ehrenb.) Ryvarden	–	1,96

Примечание. \*) – доминанты; \*\*) – содоминанты.

и Северном Урале было установлено, что при повышении высоты рельефа и по мере ухудшения благоприятных для роста и развития лесообразующих видов климатических условий, в микокомплексах снижается видовое разнообразие, уменьшается генеративная и конкурентная активность, увеличивается фитопатогенная активность видов. В высоких участках рельефа происходит трансформация функциональной организации микокомплексов: замещение доминирующих виолентных видов эксплерентными [16]. Представленные в данной работе характеристики функциональной организации, генеративной и конкурентной активности видов в горно-лесных микокомплексах участков нижнего (ПП 1) и верхнего (ПП 2) уровней рельефа в целом отвечают ранее выявленным закономерностям. Однако более высокая численность фитопатогенов в микокомплексе нижнего, припойменного участка леса (ПП 1), в сравнении с данным показателем на участке верхнего уровня рельефа (ПП 2), может быть связана с антропогенным воздействием: участок ПП 1 расположен рядом с популярной стоянкой туристов и испытывает рекреационную нагрузку.

Для более полной и точной оценки современного состояния сообществ ксилотрофных грибов горных лесов в районе предполагаемого загрязнения ракетно-космическим топливом требуется проведение дальнейших исследований, в том числе в качестве фонового контроля в ненарушенных девственных лесах на условно незагрязненных территориях из географически близких районов. Для получения репрезентативных результатов мониторинга микокомплексов как индикаторов состояния лесных экосистем, число пробных площадей наблюдений должно быть увеличено. Для регистрации изменений в сообществах дереворазрушающих грибов наблюдения достаточно проводить один раз в три-четыре года.

### Выводы

В результате многолетних исследований (2006–2011 гг.), проведенных в районе падения отделяющихся частей ракет-носителей «Союз» на территории Северного Урала, при четырехкратном приеме фрагментов ОЧ РН, загрязнения природной среды нефтепродуктами, в том числе – ракетно-космическим топливом, не обнаружено. Этот вывод, полученный при осуществлении экологического сопровождения пусков РН, подтвержден результатами фонового комплексного экологического мониторинга состояния природной среды, включающего контроль с использованием биоиндикаторов. Полученные фоновые значения содержания нефтепродуктов в почве, снеге, воде водных объектов, напочвенных зеленых мхах, а также описание фонового состояния биоиндикаторов (личинки ручейников и сообщества дереворазрушающих грибов) при дальнейшем осуществлении комплексного экологического мониторинга состояния природной среды позволят контролировать нефтяное загрязнение территории района падения фрагментов ОЧ РН в процессе ее активного хозяйственного освоения, в

том числе – при реализации программы Федерального космического агентства. В перспективе предлагаемая система наблюдений с рядом поправок может быть использована и для оценки состояния природной среды при различных антропогенных воздействиях.

*Работа выполнена по проекту ориентированных фундаментальных исследований в рамках соглашения о сотрудничестве УрО РАН с государственными корпорациями, научно-производственными объединениями № 11-4-04 КА.*

### Литература

1. *Комплексный экологический мониторинг состояния природной среды особо охраняемых природных территорий Свердловской области / Правительство Свердл. обл., Мин-во природ. ресурсов. Екатеринбург: Урал. следопыт, 2008. 216 с.*
2. *Кузнецова И.А., Черная Л.В. Ракеты летят через Урал // Вестник УрО РАН: Наука, общество, человек. 2011. № 1 (35). С. 41–50.*
3. *Вакуловский С.М., Воронцов А.И., Катрич А.И. и др. Тритий в атмосферных осадках, реках и морях, омывающих территорию Советского Союза // Атомная энергия. 1978. Т. 44. Вып. 5. С. 432.*
4. *Виноградов А.П., Девириц А.Л., Добкина Э.И. Современное состояние трития в природных водах // Геохимия. 1968. № 10. С. 1147.*
5. *Чеботина М.Я., Николин О.А., Смагин А.И. Тритий в водных системах района ПО «Маяк» // Опыт преодоления последствий техногенных аварий и развитие атомных технологий: материалы науч.-практ. конф., посвященной 50-летию аварии на ПО «Маяк». Челябинск, 2007. С. 152–162.*
6. *Чеботина М.Я., Николин О.А. Радиоэкологические исследования трития в Уральском регионе. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 90 с.*
7. *Бакаева Е.Н., Никаноров А.М. Гидробионты в оценке качества вод суши. М.: Наука, 2006. 239 с.*
8. *Михайлова Л.В., Рыбина Г.Е., Петухова Г.А. и др. Морфологические, молекулярные и генетические биомаркеры нефтяного загрязнения пресноводных водоемов // Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем: Сборник тезисов Междунар. конф. СПб., 2011. С. 113.*
9. *Шубина В.Н. Ручейники (Trichoptera) в бентосе и пище рыб водотоков Печоро-Илычского государственного заповедника (Сев. Урал) // Экология. 2006. № 5. С. 387–393. Shubina V.N. Caddis flies (Trichoptera) in the benthos and food of fish from streams of the Pechora-Ilych State Biosphere Reserve, the northern Urals // Russian J. of Ecology. 2006. Т. 37. № 5. P. 352–358.*
10. *Базова Н.В., Базов А.В., Пронин Н.М. и др. Пространственно-временное распределение личинок ручейника Aethaloptera evanescens MacLachlan, 1880 [Trichoptera: Hydropsychidae] в русле реки Селенги // Экология. 2008.*

- № 6. С.462-467. N. V. Bazova, A. V. Bazov, N. M. Pronin et al. Spatiotemporal Distribution of Caddis Worms *Aethaloptera evanescens* MacLachlan, 1880 (Trichoptera: Hydropsychidae) in the Selenga River // *Russian J. of Ecology*. 2008. Vol. 6. P. 438–443.
11. *Бурова Л.Г.* Экология грибов макромицетов. М.: Наука, 1986. 222 с.
  12. *Tyler G.* The impact of heavy metals pollution on forests: a case study of Gusum, Sweden // *Ambio*. 1984. Vol. 13. № 1. P. 18–24.
  13. *Бондарцева М.А.* Эколого-биологические закономерности функционирования ксилотрофных базидиомицетов в лесных экосистемах // Грибные сообщества лесных экосистем: Материалы координац. исслед. М. – Петрозаводск: Изд-во КНЦ РАН, 2000. С. 9–25.
  14. *Ставишенко И.В.* Состояние лесных сообществ ксилотрофных грибов под воздействием промышленных аэрополлютантов // *Экология*. 2010. № 5. С. 397–400. *Stavishenko I. V.* The State of Forest Xylotrophic Fungal Communities Exposed to Industrial Air Pollutants // *Russian J. of Ecology*. 2010. Vol. 5. P.445–449.
  15. *Мухин В.А.* Биота ксилотрофных базидиомицетов Западно-Сибирской равнины. Екатеринбург: Наука, 1993. 230 с.
  16. *Ставишенко И.В.* Функциональная структура комплексов ксилотрофных грибов в заповедных лесных экосистемах Северного и Среднего Урала // Грибы в природных и антропогенных экосистемах: Тр. Междунар. конф., посвященной 100-летию начала работы А.С. Бондарцева в Ботанич. ин-те им. В.Л. Комарова РАН (Санкт-Петербург, 24-28 апр., 2005 г.). СПб., 2005. Т. 2. С. 210–213.

*Статья поступила в редакцию 14.02.2012.*