

УДК 574.5:665.6

ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ДОЛГОСРОЧНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ РАЙОНА ПАДЕНИЯ ОТДЕЛЯЮЩИХСЯ ЧАСТЕЙ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОГО УРАЛА

Кузнецова И.А., Степанов Л.Н., Черная Л.В.

ФГБУН Институт экологии растений и животных УрО РАН,
Екатеринбург, e-mail: kuznetsova@ipae.uran.ru

Проведена оценка последствий долгосрочного воздействия ракетно-космической деятельности на природную среду района падения отделяющихся частей ракет-носителей на территории Северного Урала с использованием в качестве биоиндикаторов представителей донной фауны основных водотоков. Показано, что длительное, но эпизодическое использование участка территории в качестве района падения отделяющихся частей ракет-носителей «Союз» не привело к негативным изменениям в состоянии природной среды.

Ключевые слова: ракетно-космическая деятельность, бентосная фауна, нефтяное загрязнение

ESTIMATION CONSEQUENCES OF LONG-TERM EFFECTS OF SPACE ROCKET ACTIVITIES ON THE ENVIRONMENT IMPACT AREAS SEPARATED PARTS OF ROCKETS IN NORTH URAL

Kusnetzova I.A., Stepanov L.N., Chernaya L.V.

Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Division, Russian Academy of Sciences,
Yekaterinburg, e-mail: kuznetsova@ipae.uran.ru

The estimation of consequences of long-term effects of rocket and space activities on the natural environment of the separating from parts of rockets in the Northern Urals, using as bioindicators of representatives of the benthic fauna of the main watercourses. It has been shown that long-term, but occasional use of the territory of the district as separating from parts of rockets «Soyuz» has not led to negative changes in the natural environment.

Keywords: space-rocket activity, benthic fauna, oil pollution

Угроза нефтяным загрязнением водных объектов Северного Урала многие годы была не актуальна, однако с открытием в 2006 году района падения отделяющихся частей ракет-носителей (ОЧ РН) типа «Союз» при запусках с космодрома Байконур на данной территории возникла необходимость экологического сопровождения приема фрагментов отделяющихся частей ракет-носителей, заключающееся контроле природной среды перед падением и после падения фрагментов. Космические аппараты «Союз» используют в качестве топлива авиационный керосин, что определило при разработке мониторинга основное внимание уделять именно исследованию загрязнения водной среды нефтепродуктами. Состав донного населения водоемов относительно постоянен, пока находится в условиях, в которых он сформирован. В загрязненных водоемах из его состава выпадают не только отдельные виды, но и целые группы беспозвоночных животных. Качественные и количественные характеристики зообентоса служат хорошими, а в ряде случаев единственными показателями загрязнения водоемов разного типа [1]. Учитывая, что в горных районах водосбор формирующихся рек охватывает значительную территорию, анализ состояния донного населения

их может быть использован для контроля состояния природного комплекса в целом. **Цель** исследования – многолетний комплексный мониторинг состояния водной среды основных водотоков, расположенных в зоне района падения отделяющихся частей ракет-носителей типа «Союз» на Северном Урале.

Материалы и методы исследования

Основные исследования (отбор воды для анализа на содержание нефтепродуктов, количественный учет индикаторных видов – личинок ручейников) проводили с 2009 по 2014 годы, в летний период. Пробы воды отбирали согласно требованиям ГОСТ 17.1.3.07-82; ГОСТ 17.1.5.05-85; ГОСТ 17.4.3.04-85; ГОСТ 26204-84 – ГОСТ 26213-84; ГОСТ 28168-89; ГОСТ 17.4.01 – 83 (СТ СЭВ 3847-82); анализ на содержание нефтепродуктов произведен согласно стандартным методикам (МУК 4.1.1061-01, ПНД Ф 16.1:2.22-98; ПНД Ф 14.1:2.57-96; ПНД Ф 14.1:2:4.168-00) методом инфракрасной спектроскопии с использованием концентратомера КН-2 в ФГУ «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Уральскому Федеральному округу» (2009–2010 гг.), с 2011 года химический анализ содержания нефтепродуктов в воде водных объектов производится в КГУ «Аналитический центр» (г. Пермь). Количественный учет личинок ручейников проведен методом прямого подсчета числа особей, обнаруженных прикрепленными к обратной стороне камней на одном квадратном метре дна исследуемого водного объекта (ос./м²). Дополнительно, в июле 2013 г была проведена оценка

видового разнообразия и состояния макрозообентоса как индикаторного показателя состояния природной среды территории РП ОЧ РН. Пробы макрозообентоса были взяты на трех реках: р. Улс, р. Жиголан и р. Крив-Вагранский, расположенных в зоне вероятного воздействия пусков ракет-носителей (падение фрагментов ОЧ РН).

Результаты исследования и их обсуждение

В составе донной фауны рек Улс, Жиголан и Крив-Вагранский установлено 62 широко распространенных в Палеарктике вида и таксона более высокого ранга. Отмечены организмы из 12 систематических групп: олигохеты, водяные клещи, пауки, поден-

ки, веснянки, вислоккрылки, водяные жуки, ручейники, лимонииды, мошки, эмпииды и хирономиды (1). По числу видов преобладают личинки насекомых, доля которых в общем списке составляет 90,3%. Наиболее разнообразно представлены хирономиды – 15 таксонов. В составе подений отмечено 13 видов, ручейники и веснянки включали 10 и 6 видов соответственно. Наиболее часто встречались личинки хирономид *C. gr. silvestris*, *Larsia* sp., *Tanytarsus excavatus* и виды рода *Boreoheptagia*. Число первичноводных животных невелико – 4 таксона. Донная фауна р. Улс представлена большим числом таксонов.

Таблица 1

Видовой состав зообентоса рек

Группа, вид	Река		
	Улс	Жиголан	Крив-Вагранский
1	2	3	4
Тип ANNELIDES			
Класс OLIGOCHAETA			
Отряд Naidomorpha			
сем. Tubificidae			
<i>Limnodrilus</i> sp.	+	+	–
<i>Tubifex tubifex</i> (O.F. Müller, 1774)	–	+	–
Отряд Lumbricomorpha			
сем. Lumbriculidae			
<i>Lumbriculus variegatus</i> (O.F. Müller, 1774)	–	–	+
Тип ARTHROPODA			
Класс ARANEINA (ARACHNIDA)			
Отряд Aranei			
сем. Cybaeidae			
<i>Argyroneta aquatica</i> (Clerck, 1757)	+	–	–
Отряд Acariformes			
сем. Spermchonidae			
<i>Spermchon</i> sp.	–	+	+
сем. Hygrobatidae			
<i>Hygrobates</i> sp.	–	+	–
Класс INSECTA			
Отряд Ephemeroptera			
сем. Ametropodidae			
<i>Metretopus borealis</i> Eaton, 1871	+	–	–
сем. Ameletidae			
<i>Ameletus inopinatus</i> Eaton, 1887	–	+	–
сем. Baetidae			
<i>Baetis feles</i> Kluge 1980	–	+	–
<i>Baetis fuscatus</i> (Linnaeus, 1761)	+	–	–
<i>Baetis (N.) maxillaris</i> (Braasch et Soldan, 1983)	–	–	+
<i>Baetis (N.) niger</i> (Linnaeus, 1761)	+	–	–
<i>Baetis vernus</i> Curtis, 1830	–	+	+
сем. Ephemerellidae			
<i>Ephemerella aurivillii</i> Bengtsson, 1908	–	–	+

Продолжение табл. 1			
1	2	3	4
<i>Ephemerella</i> sp.	–	+	–
сем. Heptageniidae			
<i>Cinygma lyriformis</i> (McDunnough, 1924)	–	+	+
<i>Heptagenia</i> sp.	+	–	–
сем. Leptophlebiidae			
<i>Habrophlebia lauta</i> McLachlan, 1884	+	–	–
<i>Paraleptophlebia cincta</i> Retzius, 1783	+	–	–
Отряд Plecoptera			
сем. Nemouridae			
<i>Amphinemura</i> sp.	+	–	–
<i>Nemoura</i> sp.	–	+	+
сем. Leuctridae			
<i>Leuctra</i> sp.	+	+	–
сем. Perlodidae			
<i>Diura</i> sp.	–	–	+
<i>Isogenus nubecula</i> Newman, 1833	–	+	–
<i>Isoperla</i> sp.	+	–	–
Отряд Megaloptera			
сем. Sialidae			
<i>Sialis nigripes</i> Pictet, 1865	+	–	–
Отряд Coleoptera			
сем. Dytiscidae			
<i>Laccophilus</i> sp.	+	–	–
<i>Oreodytes</i> sp.	+	–	–
сем. Hydraenidae			
<i>Hydraena</i> sp.	+	+	–
сем. Elmidae			
<i>Elmis</i> sp.	+	–	–
Elmidae n. det.	+	–	–
Отряд Trichoptera			
сем. Rhyacophilidae			
<i>Rhyacophila nubila</i> Zetterstedt, 1840	+	+	–
<i>Rhyacophila fasciata</i> Zetterstedt, 1840	–	+	–
сем. Polycentropodidae			
<i>Plectrocnemia conspersa</i> (Curtis, 1834)	–	+	–
<i>Polycentropus flavomaculatus</i> Pictet, 1834	+	–	–
сем. Apataniidae			
<i>Apatania crymophila</i> McLachlan, 1880	+	–	–
сем. Limnephilidae			
<i>Brachypsyche sibirica</i> (Martynov, 1924)	+	+	–
<i>Chaetopteryx villosa</i> Fabricius, 1798	–	+	+
<i>Grensia praeterita</i> (Walker, 1852)	+	–	–
<i>Halesus tessellatus</i> Rambur, 1842	+	–	–
<i>Limnephilus</i> sp.	–	–	+
Отряд Diptera			
сем. Limoniidae			
<i>Dicranota bimaculata</i> (Schummel, 1829)	–	+	+
сем. Simuliidae			
<i>Knetha</i> sp.	–	+	–
<i>Prosimulium hirtipes</i> (Fries, 1824)	–	–	+
<i>Simulium</i> sp.	–	–	+

Окончание табл. 1			
1	2	3	4
сем. Empididae			
<i>Chelifera</i> sp.	+	–	–
<i>Clinocera</i> sp.	+	–	–
сем. Chironomidae			
подсем. Tanypodinae			
<i>Ablabesmyia</i> gr. <i>annulata</i>	+	–	–
<i>Clynotanypus nervosus</i> (Meigen, 1818)	+	–	–
<i>Larsia</i> sp.	+	+	+
<i>Tanypus</i> sp.	–	+	–
подсем. Prodiamesinae			
<i>Prodiamesa olivacea</i> Meigen, 1818	+	–	–
подсем. Diamesinae			
<i>Boreoheptagyia</i> sp.	–	+	+
<i>Boreoheptagyia dasyops</i> Serra-Tosio, 1989	+	+	+
<i>Pothastia longimana</i> Kieffer, 1922	–	+	–
<i>Pseudodiamesa</i> gr. <i>branickii</i>	+	–	–
подсем. Orthoclaadiinae			
<i>Cricotopus</i> gr. <i>silvestris</i>	+	+	+
<i>Orthocladus</i> sp.	–	+	–
<i>Paracricotopus niger</i> (Kieffer, 1913)	–	–	+
<i>Thienemanniella</i> gr. <i>clavicornis</i>	–	–	+
подсем. Chironominae			
<i>Polypedilum exectum</i> Kieffer, 1915	+	–	–
<i>Tanytarsus excavatus</i> Edwards, 1929	+	+	+
Всего:	34	28	20

Таблица 2

Структура сообществ донных беспозвоночных животных рек

Группы	Река					
	Улс		Жиголан		Крив-Вагранский	
	<i>N</i> , %	<i>B</i> , %	<i>N</i> , %	<i>B</i> , %	<i>N</i> , %	<i>B</i> , %
Oligochaeta	1,4	0,4	0,8	0,4	0,2	0,9
Hydracarina	0,3	0,5	0,3	<0,1	0,6	0,1
Ephemeroptera	28,0	11,4	44,7	45,0	29,5	33,0
Plecoptera	12,6	5,5	10,9	20,2	7,5	6,5
Megaloptera	0,3	1,2	–	–	–	–
Coleoptera	20,9	8,8	0,3	<0,1	–	–
Trichoptera	7,4	65,2	3,5	20,3	0,4	6,7
Limoniidae	–	–	0,6	0,5	0,4	0,9
Simuliidae	–	–	1,6	1,0	41,1	45,4
Empedidae	1,1	0,4	–	–	–	–
Chironomidae	28,0	6,6	37,3	12,6	20,3	6,5

Примечание: *N* – численность, *B* – биомасса.

Количественные показатели зообентоса определяют амфибиотические насекомые (табл. 2).

Они создают 98,3–99,2% общей численности и 99,0–99,6% суммарной биомассы беспозвоночных. Основу численности составляли хирономиды, поденки, мошки,

жуки и веснянки. Ведущую роль в создании биомассы играли поденки, ручейники, мошки. Роль веснянок, хирономид и водяных жуков ниже: в сумме они составляли 13,0–32,8% суммарной биомассы. Соотношение основных групп, а также состав комплексов доминирующих видов в реках отличается.

На основе качественных и количественных показателей зообентоса рассчитаны индексы качества вод (табл. 3). Полученные значения свидетельствуют, что, несмотря на длительное использование территории

для приема отделяющихся частей ракет-носителей «Союз», обследованные створы рек характеризуются как очень чистые – 1 класс качества вод (табл. 3): загрязнения не выявлено.

Таблица 3

Значения индексов для оценки качества вод

Река	N_a/N_b	D_i	Индекс Вудивисса	ВВІ
Улс	1,4	1,4	10	10
Жиголан	0,8	0,8	10	10
Крив-Вагранский	0,2	0	9	10

Доминирующая группа донного населения личинки ручейника рода *Stenophylax* распространена по всем водоемам исследованной территории, заселяя чистые природные водоемы: ручьи, горные потоки, большие олиготрофные озера и равнинные реки [2, 3]. Следует отметить, что эти организмы относятся к олигосапробам, чувствительны к повышенному содержанию химических веществ в водной среде и при загрязнении естественных экосистем сигнализируют о начале их деградации уже на самых ранних стадиях процесса – сокращается видовой состав этой группы зообентоса и снижается уровень их биопродуктивности [4, 5]. Эта особенность позволила использовать группу в качестве биоиндикатора состояния текущих вод территории РП ОЧ РН и всего природного комплекса их водосбора на территории Северного Урала. Наблюдения проведены в течение 6 лет, начиная с 4 года эксплуатации территории для приема фрагментов ОЧ РН.

Численность личинок ручейника регистрировалась в конце июня – начале августа на трех экспериментальных участках среднего течения р. Улс. Одновременно произведен контроль химического загрязнения водотока нефтепродуктами как возможным загрязнителем при падении фрагментов ОЧ РН.

Во все годы исследований, на фоне невысоких концентраций нефтепродуктов (ниже ПДК), отмечена стабильно высокая численность личинок ручейников (табл. 4). Исключение представляют сборы в августе 2011 г., когда было зафиксировано снижение количества выбранных нами организмов-индикаторов на фоне стабильно низких концентраций нефтепродуктов в воде. Обнаруженное снижение численности личинок ручейников в августе 2011 г., вероятно, связано с онтогенетическими особенностями этих гидробионтов: личинки к этому времени перешли в стадию куколки, и частично произошел вылет имаго, о чем свидетельствовали пустые чехлики, обнаруженные на дне реки.

Таблица 4

Концентрации нефтепродуктов (мг/л) в воде р. Улс и численность населяющих ее личинок ручейников

Показатели	2009 июль	2010 июнь	2011 август	2012 июль	2013 июль	2014 июль
Концентрация нефтепродуктов, мг/л	0.026– 0.048	0.03– 0.05	0.010– 0.011	0.008– 0.010	0.09– 0.12	0.09– 0.16
Численность личинок ручейников, ос/м ²	380–420	350–400	150–300	340–400	370–410	250 – 350

Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии загрязнения водной экосистемы среднего течения р. Улс.

Заключение

В связи с организацией контроля состояния природных комплексов района падения ОЧ РН впервые исследована донная фауна рек горной части Северного Урала:

Улс, Жиголан, Крив-Вагранский. Установлено присутствие 62 широко распространенных в Палеарктике видов и таксонов более высокого ранга. Отмечены организмы из 12 систематических групп: олигохеты, водяные клещи, пауки, поденки, веснянки, вислокрылки, водяные жуки, ручейники, лимонииды, мошки, эмпииды и хирономиды. Количественные показатели зообентоса

определяют амфибиотические насекомые. Ведущую роль в создании биомассы играют поденки, ручейники и мошки. Согласно расчету значений стандартных индексов для оценки качества вод на обследованных створах рек вода относится к 1 классу, что свидетельствует об отсутствии загрязнения, в том числе и нефтепродуктами. Результаты комплексной оценки последствий долгосрочного воздействия ракетно-космической деятельности на природную среду района падения отделяющихся частей ракет-носителей на территории Северного Урала с использованием в качестве биоиндикаторов представителей донной фауны основных водотоков свидетельствуют, что длительное, но эпизодическое использование участка территории в качестве района падения отделяющихся частей ракет-носителей «Союз» не привело к негативным изменениям в состоянии водной среды. Стабильность численности индикаторного вида – личинок ручейника свидетельствует о высоком качестве

состояния водотока на исследуемом участке, что также позволяет говорить об отсутствии загрязнения природного комплекса территории водосбора верхнего течения реки.

Работа выполнена в рамках проекта ориентированных фундаментальных исследований УрО РАН № 13-4-019-КА.

Список литературы

1. Баканов А.И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов (обзор) // Биология внутренних вод. – 2000. – № 1. – С. 68–82
2. Кузнецова И.А., Черная Л.В. Оценка загрязнения нефтепродуктами водных объектов в районе падения отделяющихся частей ракет-носителей «Союз» на территории Северного Урала // Водное хозяйство России. – 2011а. – № 2. – С. 83–91
3. Кузнецова И.А., Черная Л.В. Ракеты летят через Урал // Вестник Урал. отд. РАН: Наука, общество, человек. – 2011б. – № 1 (35). – С. 41–50.
4. Albers P.H. Petroleum and individuals Polycyclic Aromatic Hydrocarbons // Handbook of Ecotoxicology / Ed.D.J. Hoffman et al. N.Y.: Lewis Publ., 2005. – P. 341–371.
5. 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 // Rus. Jo. of Ecology. 2006. – V. 37. № 5. – P. 352–358.