

Удк 574.21:595.745-134.25+504.5:665.6./7

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНДИКАТОРНЫХ ОРГАНИЗМОВ ПРИ МОНИТОРИНГЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ ЭКОТОКСИКАНТАМИ

Кузнецова И.А., Черная Л.В.

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

Приведены результаты многолетнего мониторинга уровня содержания нефтепродуктов в водной среде реки Улс, протекающей по территории района падения отделяющихся частей ракет-носителей, и численности личинок ручейников рода *Stenophylax*, населяющих этот водоток. Показана высокая численность организмов-индикаторов на фоне отсутствия нефтяного загрязнения реки Улс (Северный Урал). Рекомендуется при проведении мониторинга загрязнения водной среды учитывать экологические и фенологические особенности гидробионтов.

Ключевые слова: нефтепродукты, биоиндикация, личинки ручейников

THE EXPERIENCE OF USING THE INDICATOR ORGANISMS IN THE MONITORING OF WATER POLLUTION ECOTOXICANTS

Kusnetsova I.A., Chernaya L.V.

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

The results on long-term monitoring of the level of oil in an aqueous medium Uls rivers flowing through the district separating from parts of the launch vehicle, and the number of larvae of caddis fly larvae *Stenophylax*, inhabit this waterway, are presented. The absence of oil pollution of the river on the background of the high number of indicator organisms. It is recommended for the monitoring of water pollution into account environmental and phenological characteristics of aquatic organisms.

Keywords: petroleum products, bioindication, caddis fly larvae

Современная деятельность человека оказывает разрушительное воздействие на экосистемы, нередко сопровождающееся необратимыми изменениями местообитаний многих организмов, часть из которых не может адаптироваться к быстро меняющейся среде, что неизбежно приводит к резкому изменению биоразнообразия, сокращению численности и разнообразия видов. Бентосные беспозвоночные, составляющие основную массу гидробионтов водотоков, играют важную роль в поддержании их устойчивости, участвуя в процессах практически всех уровней трофической пирамиды.

В настоящее время в связи с активным освоением усиливается загрязнение северных территорий Свердловской области, в том числе водных экосистем, и быстрая диагностика их загрязненности приобретает особо важное экологическое значение. Особенно актуальной эта проблема стала в связи с открытием в 2006 году новой трассы выведения космических аппаратов «Союз» с космодрома Байконур в северном направлении с использованием района падения отделяющихся частей ракет-носителей (ОЧ РН) на границе Свердловской области и Пермского Края. Поскольку вероятность загрязнения территории продуктами ракетно-космического топлива не исключается, для контроля состояния при-

родной среды при каждом пуске РН осуществляется экологическое сопровождение приема фрагментов ОЧ РН, заключающееся в оценке содержания загрязнителей в основных депонирующих средах, в том числе – воды водных объектов. Поскольку в качестве топлива при пусках космических аппаратов «Союз» используется авиационный керосин, при разработке экспресс-методики выявления загрязнения основное внимание уделять именно исследованию загрязнения водной среды нефтепродуктами.

Нефтепродукты, являясь высокотоксичными соединениями, при попадании в водные экосистемы вызывают глубокие перестройки в организме гидробионтов. Наиболее опасна нефть для организмов, находящихся на ранних стадиях развития: личиночные формы многих донных беспозвоночных в десятки и сотни раз более чувствительны к нефти, чем взрослые особи. Попадание большого количества нефтепродуктов в водоем грозит нарушением баланса и функционирования экосистемы за счет снижения численности, или исчезновения ключевых групп гидробионтов: чувствительные виды поденок, ручейников, веснянок, ракообразных. Подобная ответная реакция использовать эти организмы в качестве биомаркеров нефтяного загрязнения пресноводных водоемов [1, 5]: при

оценке уровня загрязнения водной среды нефтепродуктами помимо прямого определения концентраций химических веществ в водной среде также проводить количественный учет индикаторных видов гидробионтов.

Ранее авторами было показано, что доминирующими и постоянными группами донного населения текучих вод Северного Урала являются личинки ручейника рода *Stenophylax*, широко заселяющие чистые природные водоемы: ручьи, горные потоки, большие олиготрофные озера и равнинные реки [2, 3]. Данная группа гидробионтов характеризуется довольно высокой численностью особей. По литературным данным средние показатели численности личинок ручейников в бентосе лососевых рек Северного Урала достигает 513.6 экз./кв. м. [7, 8]. Являясь олигосапробами, эти организмы весьма 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 [8, 10]. Результаты проведенного нами модельного эксперимента показали, что личинки ручейника рода *Stenophylax* являются высокочувствительными организмами к воздействию нефтепродуктов в широком диапазоне концентраций, что позволяет использовать их при биоиндикации загрязнения водной среды этими органическими токсикантами [4].

В данной работе приводятся результаты многолетнего мониторинга уровня содержания нефтепродуктов в водной среде реки Улс, протекающей по территории района падения отделяющихся частей ракет-носителей «Союз», и численности личинок ручейников, населяющих этот водоток.

Материалы и методы исследования

Исследования проведены в летний период (конец июня – начало августа) с 2009 по 2013 годы на 3 экспериментальных участках среднего течения реки Улс.

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 16.1:2.2.22-98; 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).

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты химического анализа проб воды реки Улс показали, что содержание нефтепродуктов стабильно не превышает не только нормы СанПиН, но и уровень предельно допустимых концентраций для воды рыбохозяйственных водоемов (ПДК=0,05): все полученные значения не превышают 0,03 мг/л (таблица). Из литературы известно, что в незагрязненных нефтепродуктами водных объектах концентрация естественных углеводородов в речных и озерных водах может колебаться 0,01 до 0,20 мг/л, иногда достигая 1-1,5 мг/л, в зависимости от биологической ситуации в водоеме [6, 9]. Полученные нами низкие показатели связаны, как с низкой степенью трофности горной реки Улс, так и с отсутствием нефтяного загрязнения в ней.

Фаунистические исследования показали, что практически во все годы исследований наблюдалась стабильно высокая численность личинок ручейников (таблица). Исключение составили сборы августа 2011 г., когда было зафиксировано количественное снижение выбранных нами организмов-индикаторов (150-300 ос./ м²) на фоне стабильно низких концентраций нефтепродуктов в воде.

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

Сроки исследований	2009 июль	2010 июнь	2011 август	2012 июль	2013 июль
Концентрация нефтепродуктов (мг/л)	0,026-0,048	0,03-0,05	0,010-0,011	0,008-0,010	-
Численность личинок ручейников, ос./м ²	380-420	350-400	150-300	340-400	370-410

Ручейники в своем развитии проходят четыре фазы: яйца, личинки, куколки и имаго. По характеру появления личинок, сроков наиболее интенсивного развития, окончания окукливания и вылета имаго ручейники *Stenophylax* относятся к весенне-летним видам (вторая декада мая – август) зимующим на фазе личинки, находящейся на 2-3 стадии развития. Перезимовавшие личинки начинают активно развиваться при прогреве воды выше пороговой температуры (+10 °С). Личинка является главной фазой в развитии ручейников. На этой фазе ручейники проводят более 2/3 времени всего своего жизненного цикла. Большинство личинок живет в особых футлярах – чехликах, которые являются для них прекрасным надежным и прочным убежищем. Представители рода *Stenophylax* строят чехлики из крупных и мелких песчинок; благодаря чему они хорошо замаскированы. По мере роста личинка надстраивает передний край своего чехлика, делая его более широким; задний же конец, ставший уже узким, постепенно обламывается или обгрызается личинкой. Превращение личинки во взрослое насекомое происходит через стадию куколки, окукливание происходит под водой, в чехлике. Куколка обладает зачатками крыльев, очень длинными усиками, большими глазами и огромными жвалами, при помощи которых она разрушает крышечку чехлика. Для выхода имаго куколка всплывает на поверхность, действуя как веслами гребными средними ногами. Взрослые насекомые вылетают приблизительно через месяц после окукливания. После оплодотворения самка ручейника откладывает склеенные слизистой массой яйца (от 300 до 1000 шт.), прикрепляя их к подводным камням или растениям.

Обнаруженное нами снижение численности личинок ручейников в августе 2011 г., вероятно, связано с фенологическими особенностями этих гидробионтов: личинки к этому времени перешли в стадию куколки, и частично произошел вылет имаго (об этом свидетельствовали пустые чехлики, обнаруженные на дне реки).

Таким образом, при проведении мониторинга загрязнения водной среды экотоксикантами с использованием биоиндикаторов необходимо учитывать экологические и фенологические особенности выбранной группы гидробионтов, так как в течение года численность особей может колебаться в большом диапазоне. Необходимо учитывать особенности биологии развития

индикаторных организмов, проводить исследования следует в оптимальные сроки активности выбранной фазы водных беспозвоночных с учетом особенностей климатических условий.

В целом полученные результаты подтверждают возможность использования представителей рода *Stenophylax* в качестве биоиндикатора нефтяного загрязнения водотоков Северного Урала и свидетельствуют об отсутствии загрязнения водной экосистемы среднего течения р. Улс нефтепродуктами в период использования территории для приема отделяющихся частей ракет-носителей «Союз» при выведении космических аппаратов в северном направлении.

Работа выполнена по проекту ориентированных фундаментальных исследований в рамках соглашений о сотрудничестве УрО РАН с государственными корпорациями, научно-производственными объединениями № 13-4-019 КА.

Список литературы

1. Бакаева Е.Н., Никаноров А.М. Гидробионты в оценке качества вод суши. – М.: Наука, 2006. – 239 с.
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. – 2011. – № 2. – С. 83-91.
3. Кузнецова И.А., Черная Л.В. Ракеты летят через Урал // Вестник Уральского отделения РАН: Наука, общество, человек. – 2011а. – № 1 (35). – С. 41-50.
4. Кузнецова И.А., Черная Л.В., Синева Н.В. Оценка влияния нефтепродуктов на выживаемость личинок ручейника в эксперименте // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 12. – С. 97-98;
5. Морфологические, молекулярные и генетические биомаркеры нефтяного загрязнения пресноводных водоемов / Л.В. Михайлова, Г.Е. Рыбина, Г.А. Петухова, Е.А. Соколовская, Е.А. Исаченко-Боме // Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем: сб. тез. междунар. конф. – СПб., – 2011. – С. 113.
6. Патин С.А. Экологические проблемы освоения нефтегазовых ресурсов морского шельфа. – М.: ВНИРО, 1997. 340 с.
7. Попова Э.И. Ручейники // Флора и фауна водоемов европейского севера. – Л.: Наука, 1978. – С. 72-74.
8. Шубина В.Н. Изменение структуры бентоса лососевых рек бассейна Печоры под влиянием антропогенного загрязнения // Биологические последствия хозяйственного освоения водоемов европейского Севера. Сыктывкар. – 1995. – С. 69-77.
9. 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.
10. 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 Journal of Ecology. – 2006. – Т. 37. – № 5. – С. 352-358.