

М.О.ЗАСЫПКИНА

Влияние остатков ракетного топлива на фауну водных моллюсков

Исследована фауна водных моллюсков в районе падения второй ступени ракет-носителей, стартующих с космодрома «Байконур» (Алтай-Саянский регион). Полученные данные по частоте морфологических аномалий раковин взрослых моллюсков и кладок молоди свидетельствуют о негативном влиянии загрязнения окружающей среды отходами ракетно-космической деятельности.

Influence of the rests of rocket fuel on water mollusks fauna. M.O.ZASYPKINA (Institute of Biology and Soil Sciences, FEB RAS, Vladivostok).

The fauna of water mollusks in the area of falling of the second step of rockets-carriers, starting from Baikonur cosmodrome (Altai-Sayan region) is investigated. Obtained data on frequency of morphological anomalies of both adult mollusk shells and their egg clusters testify to the negative influence of environmental contamination by the waste of space-rocket activity.

О негативном влиянии остатков ракетного топлива на окружающую среду в районах Алтай-Саянского региона сообщалось неоднократно [2, 7]. При запуске ракет-носителей, стартующих с космодрома «Байконур», остатки топлива с отделяющимися фрагментами отработанных ступеней рассеиваются в воздухе, загрязняют почву и воду. Основной компонент жидкого ракетного топлива – несимметричный диметилгидразин (НДМГ, гептил), при окислении которого образуются диметиламин, метилендиметилгидразин, тетраметилтетразен, нитрозодиметиламин, формальдегид и другие продукты. НДМГ относится к группе канцерогенных и мутагенных агентов 1-го класса опасности. ПДК его в воздухе составляет 0,001 мг/м³, в воде 0,02 мг/л, временный предельно допустимый уровень в почве 0,1 мг/кг [2, 7]. Наибольшая аккумуляция продуктов распада гептила выявлена в высокогорных котловинах и днищах реликтовых долин [2]. Миграция загрязнителя происходит в основном в весенне-летний период. С поверхностными и талыми водами НДМГ попадает в озерные котловины и накапливается в донных осадках.

Оценка степени загрязнения водоемов продуктами распада ракетного топлива, основанная на результатах химических анализов, требует больших финансовых затрат на сложное оборудование, реактивы и должна проводиться в сертифицированных научных центрах. При этом химический анализ фиксирует небольшое количество загрязняющих веществ, не учитывая синергический эффект, при котором смесь двух и более веществ может оказаться токсичной, тогда как концентрация каждого вещества не превышает ПДК. Использование биоиндикаторов имеет более полный и достоверный характер. Моллюски как удобный инструмент биоиндикации давно применяются при анализе загрязнения окружающей среды. Основными их характеристиками как идеального тест-объекта являются большая численность и широкая распространенность в различных географических районах, легкость сбора и идентификации, короткий жизненный цикл, высокая чувствительность к загрязнению. У моллюсков химическое загрязнение приводит к аномалиям у молоди и уродству взрослых особей, и возрастание частоты морфологических изменений может служить индикатором химического загрязнения водоема [6].

ЗАСЫПКИНА Мариана Олзейовна (Биолого-почвенный институт ДВО РАН, Владивосток).

Автор принимал участие в работе комплексной научной экспедиции в районе падения второй ступени на территории Республики Тува в 2000, 2003 гг. Кара-Хольский район падения отделяющихся частей ракет-носителей имеет площадь 1100 км². В этом труднодоступном месте северо-западной Тувы расположен участок заповедника «Убсунурская котловина». На дне высокогорной котловины находится оз. Кара-Холь, из которого вытекает р. Алаш, приток Хемчика – одного из крупных притоков Верхнего Енисея. Химическим анализом [7] в воде были обнаружены формальдегид, ртуть, свинец, фенолы, нитриты. В почве были отмечены следы цинка, меди и кобальта, концентрации которых увеличивались после очередного запуска ракет-носителей.

Для оценки состояния фауны водных моллюсков, обитающих в озере и старицах, были взяты пробы с помощью гидробиологических средств лова (скребка, дночерпателя и бентометра), мелководья у северного и южного берегов озера обследованы вручную. Моллюски также выбирались из желудков пойманной в озере рыбы. Отмечено необычно низкое разнообразие малакофауны по сравнению с другими пресными водоемами северной Тувы.

В результате разбора проб обнаружено всего 8 видов из 4 семейств брюхоногих моллюсков и 3 вида мелких двустворок [3, 5], тогда как список тувинской водной малакофауны насчитывает, по нашим данным, более 100 видов [4, 8, 9]. Из брюхоногих моллюсков с жаберным типом дыхания обнаружена затворка *Cincinna sibirica* (Middendorff, 1851) (Valvatidae), собранная из пищевых комков рыб. Легочные брюхоногие моллюски представлены 4 видами катушек: *Anisus stelmachotius* (Bourguignat, 1860), *A. draparnaldi* (Shepard, 1823), *A. borealis* (Westerlund, 1877), *A. stroemi* (Westerlund, 1881) (Planorbidae) – и 2 видами прудовиков: *Lymnaea truncatula* (Muller, 1774) и *L. zazurnensis* Mozley, 1934 (Lymnaeidae); в старичных водоемах собрана *Aplexa hypnorum* (Linnaeus, 1758) (Physidae). Двустворчатые моллюски представлены мелкими горошинками из семейств Euglesidae и Pisidiidae (Bivalvia, Pisidioidea), обитающими в старицах у северного берега. Крупные двустворчатые моллюски сем. Unionidae в Кара-Холе не обнаружены [9]. Всего собрано более 2500 экз. катушек, 305 прудовиков, 219 физ, около 1000 двустворок, при этом *Cincinna sibirica* было всего 11 экз. Это связано с обитанием затворок на твердых каменистых грунтах и особенностями котловины озера. Северный и южный берега озера окаймлены узкой прибрежной полосой песка с небольшой примесью ила, после которой в глубину резко уходит свал из валунов и неокатанных обломков скальных пород. Западный и восточный берега сжаты горными хребтами.

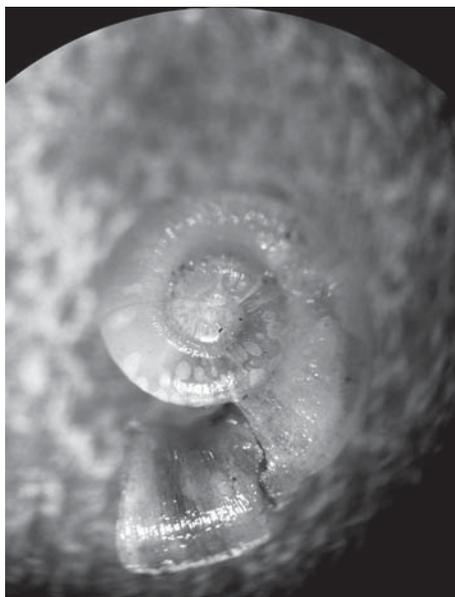


Рис. 1. Аномальная раковина *Cincinna sibirica*

Помимо низкого разнообразия моллюсков обратила на себя внимание уродливая форма раковин брюхоногих моллюсков, что особенно заметно на примере затворок, у которых отчетливо заметны искажения округлостей трубки оборотов и резкие смещения плоскостей завитка. Встречаемость аномальных раковин среди *Cincinna sibirica* составила 45%: 34% с нетипичным закручиванием спирали, несимметричным нарастанием оборотов, 11% с раскручиванием трубки спирали раковины на последнем обороте у устья (рис. 1). Вероятно, это связано с тем, что вальваты, соскребающие обрастания водорослей с донных валунов, больше других моллюсков подвергаются токсическому воздействию остатков НДМГ. У прудовиков от-

мечены 4 случая противоположного закручивания спирали (правозакрученные раковины были левозакрученными, как в зеркальном отражении) (рис. 2). У катушек (*Anisus*) обнаружено раскручивание трубки спирали, при этом последний оборот был свободно опущен к базальной стороне раковины (рис. 3), процент раковин с нехарактерными для видов морфологическими признаками также был достаточно высок – 20%. Уродливые раковины имели продольный киль, спиральные линии на поверхности, опущенный последний оборот, несимметрично закрученную трубку спирали. Процент уродливых особей по всем 4 видам составлял 20–30%, в то время как в ненарушенных природных популяциях эта величина обычно не более 3%. Характерно, что отмеченные аномалии раковин выявлены только у моллюсков, обитающих в самом оз. Кара-Холь. У представителей брюхоногих моллюсков сем. Physidae и мелких двустворок в раковине морфологических отклонений от нормы не обнаружено. Возможно, это связано с обитанием этих моллюсков в мелких старичных водоемах вокруг озера, где остатки НДМГ не накапливаются в донных осадках.

При изучении кладок моллюсков наряду с нормальными были обнаружены аномальные кладки. Так, у прудовиков обнаружены двоянные яйцевые капсулы, при этом зародыши неправильной формы и меньших, чем в норме, размеров (рис. 4А). Слипание яйцевых капсул в кладках *Lymnaeidae* происходит в результате замедленного прохождения отдельных капсул через начальный участок яйцевода [1], что приводит к слиянию внутренних мембран капсул. Уменьшение размеров яйцевых капсул вызывается гипофункцией белковой железы, а также ускоренным выведением яйцевых капсул [1]. В кладках катушек и физ подобных аномалий не обнаружено, а кладки затворок собрать не удалось ввиду сложности отбора материала со дна озера.

Таким образом, предварительные результаты исследования водной малакофауны показали выраженные негативные изменения в структуре раковин и кладок моллюсков, обитающих в районе постоянного загрязнения отходами ракетно-космической деятельности.

Наиболее эффективным индикатором при таком типе загрязнения водоема является

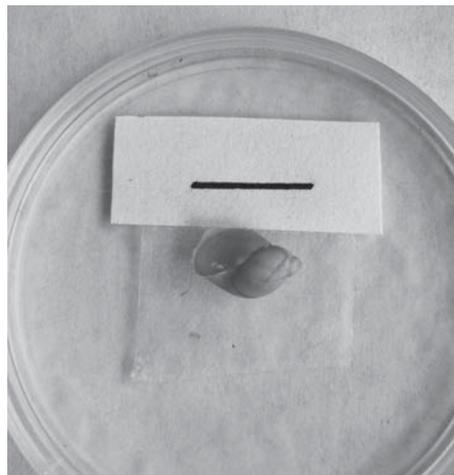


Рис. 2. Левозакрученная раковина *Lymnaea* sp.

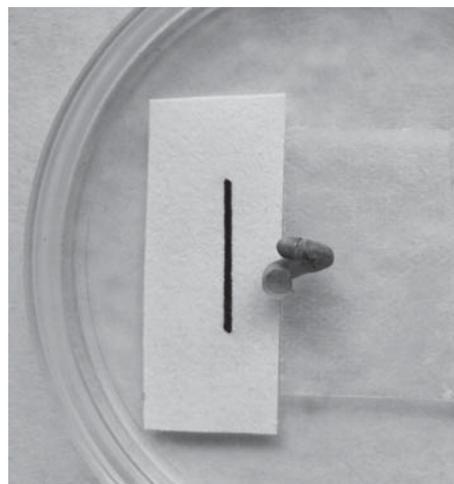


Рис. 3. Аномальная раковина *Anisus* sp.

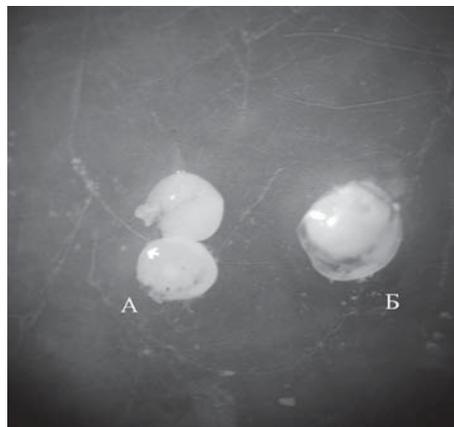


Рис. 4. Аномальные (А) и нормальные (Б) яйцевые капсулы моллюсков рода *Lymnaea*

Cincinna sibirica. Этот вид обитает в донных биотопах и поэтому наиболее подвержен воздействию токсических веществ в осадочной толще озера. Механизм повреждающего действия химического загрязнения отходами ракетного топлива на водные сообщества сложен и многообразен. Нарушение структуры раковины при этом происходит не только в результате прямого действия токсических веществ, но и опосредованно, через нарушение репродуктивных механизмов моллюсков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Березкина Г.В., Старобогатов Я.И. Экология размножения и кладки яиц пресноводных легочных моллюсков. Л., 1988. 307 с. (Тр. Зоол. ин-та; т. 174).
2. Ворожейкин А.П., Королева Т.В., Проскураков Ю.В., Пузанов А.В. Поведение несимметричного диметилгидразина в ландшафтах районов падения остаточных частей ракет-носителей, стартующих с космодрома «Байконур» // Сибир. экол. журн. 2001. Т. 8, № 2. С. 167-175.
3. Засыпкина М.О. Воздействие остатков ракетного топлива на фауну водных моллюсков // Актуальные проблемы экол. физиологии, биохимии и генетики животных: материалы междунар. науч. конф. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2005. С. 79-80.
4. Засыпкина М.О. К изучению видового состава малакофауны Республики Тува // IV регион. конф. по актуальным проблемам экологии, морской биологии и биотехнологии студентов, аспирантов и молодых ученых. Владивосток: ДВГУ, 2001. С. 48-49.
5. Засыпкина М.О. Моллюски бассейна оз. Кара-Холь (Республика Тува) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Владивосток: Дальнаука, 2003. Вып. 2. С. 139-143.
6. Константинов А.С. Общая гидробиология. М.: Высш. шк., 1967. 430 с.
7. Ондар С.О., Путинцев Н.И., Ашак-оол А.Ч., Базыр А.В., Кошкаров Е.Д., Ондар С.Д., Ондар Г.С.- Д. Карахольский район падения отделяющихся частей ракет-носителей – РП № 326 // Проблемы устойчивости экосистем и оценка их современного состояния. Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2000. С. 115-118.
8. Прозорова Л.А., Шарый-оол (Засыпкина) М.О. Водные легочные моллюски (Gastropoda, Pulmonata) Тувы // Бюл. Дальневост. малакол. о-ва. Вып. 3. Владивосток: Дальнаука, 1999. С. 11-25.
9. Саенко Е.М., Богатов В.В., Засыпкина М.О. Беззубки (Bivalvia, Anodontinae) Верхнего Енисея // Бюл. Дальневост. малакол. о-ва. Вып. 3. Владивосток: Дальнаука, 2005. С. 289-294.