

## БИОИНДИКАЦИЯ

УДК 574.633

Д.М. Безматерных

Институт водных и экологических проблем СО РАН,  
656038, Россия, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1  
тел.: 8(3852)240 247; факс: 240 396; E-mail: [bezmater@iwep.asu.ru](mailto:bezmater@iwep.asu.ru)

### МОЛЛЮСКИ ПРУДОВИК ОБЫКНОВЕННЫЙ И ПРУДОВИК ЯЙЦЕВИДНЫЙ КАК АККУМУЛЯТИВНЫЕ ИНДИКАТОРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРЕСНЫХ ВОД ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ (НА ПРИМЕРЕ р. БАРНАУЛКИ)

#### ВВЕДЕНИЕ

Тяжелые металлы относятся к числу распространенных и весьма токсичных загрязняющих веществ. В то же время тяжелые металлы, как микроэлементы являются неотъемлемой частью живого организма. Основными источниками их поступления в биосферу служат металлургические предприятия, сжигание угля, нефти и различных отходов, производство стекла, удобрений, цемента, автотранспорт, минеральные удобрения и пр. Отличительная особенность тяжелых металлов как загрязнителей – устойчивость и увеличение их концентрации при переходе по трофическим цепям [8, 12]. В отличие от органических токсикантов – тяжелые металлы практически вечны, так как не разрушаются под действием природных факторов. Их удаление из водоемов и водотоков возможно за счет улетучивания (ртуть) или захоронения в донных осадках.

В организм гидробионтов тяжелые металлы попадают с пищей или через покровы, последнее характерно для водных растений. Действие тяжелых металлов проявляется на всех уровнях организации биологических систем – от молекулярно-биохимического до биоценотического. Токсическое действие металлов многозначно. Они являются протоплазматическими ядами для всех живых объектов: грубо нарушают структуры коллоидных систем, денатурируют белки. При очень большом разведении тяжелые металлы связывают и блокируют активные центры ферментов. Именно эти нарушения нормальной и согласованной работы ферментных систем представляют основной механизм действия токсических веществ. Наиболее исследовано токсическое действие тяжелых металлов на позвоночных [7, 8].

В научной литературе накоплено большое количество данных о распределении тяжелых металлов в различных компонентах водных экосистем [9, 12]. Активно развивается направление их биомониторинга в пресноводных экосистемах [10]. Для бассейна Верхней Оби известен ряд работ касающихся анализа их накопления в тканях различных сообществ и таксонов гидробионтов: планктона [5, 6], макрофитов [4, 17], личинок амфибиотических насекомых [16] и рыбах [13]. Имеется ряд работ И.С. Островского с соавт. и Т.С. Папиной с соавт. [15], касающихся распределения ртути в различных компонентах экосистемы р. Катунь.

Определение накопления тяжелых металлов моллюсками в бассейне Верхней Оби ранее не проводили. В то же время известно, что моллюски являются чувствительным объектом для биомониторинга антропогенного загрязнения континентальных вод этими поллютантами [10].

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Барнаулка – средняя река, левый приток Оби, имеет протяженность 208 км, площадь бассейна составляет 5720 км<sup>2</sup>. Бассейн реки расположен в равнинной лесостепной части Алтайского края. Питание смешанное, осуществляется за счет грунтовых вод и атмосферных осадков. Вода средней минерализации (200-700 мг/л), гидрокарбонатного класса, кальциевой группы [14].

Для индикации загрязнения тяжелыми металлами было проанализировано их содержание в двух видах брюхоногих моллюсков: *Lymnaea stagnalis* L. и *L. ovata* Drap. Моллюски были собраны на пяти участках р. Барнаулки параллельно с отбором проб воды, донных отложений и растений для этих же целей (табл. 1).

Таблица 1 – Пункты мониторинговых исследований на р. Барнаулке

Номер участка	Расстояние от устья, км	Место расположения	Грунт
1	87	у моста в районе с. Зимино	детрит, ил
2	52	у плотины около с. Черемное	заиленный песок
3	13	0,2 км ниже пос. Борзовая заимка	песок
4	9	г. Барнаул: 0,05 км ниже «Лесной пруда»	песок, галька
5	6	г. Барнаул: 0,02 км ниже р. Пивоварки	заиленный песок

Собранных моллюсков не фиксировали, в течение суток доставляли в лабораторию и замораживали для хранения. Моллюсков измельчали вместе с раковиной и анализировали в сыром виде по обычной методике [10]. Анализы проводили в Химико-аналитическом центре ИВЭП СО РАН (к.т.н. н.с. А.Н. Эйрих).

Определение тяжелых металлов во всех видах проб проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии: Cu, Fe, Mn, Zn – с использованием пламенной атомизации (прибор ASS-1N, пламя: ацетилен-воздух), Cd, Co, Pb – с электротермической атомизацией (прибор AAS-30).

Биология моллюсков. *Lymnaea stagnalis* (Linne, 1758) – прудовик обыкновенный (большой) и *L. ovata* (Draparnaud, 1774) – прудовик яйцевидный относятся к семейству Lymnaeidae отряду Hygrophila подклассу Pulmonata классу Gastropoda типу Mollusca. Прудовики дышат атмосферным воздухом, гермафродиты, продолжительность жизни – несколько лет [3].

Прудовик обыкновенный обитает в прибрежной части постоянных (реже временных) стоячих и слаботекучих водоемов на растительности, распространен в Европе, Северной Азии, Северной Америке. Высота раковины 40-47 мм, ширина 23-27 мм. Питается, объедая листья макрофитов и соскабливая налет водорослей, иногда поедает мелких беспозвоночных и трупы. В р. Барнаулке встречается в озерах и верхнем (реже среднем) течении, β-мезосапроб [1].

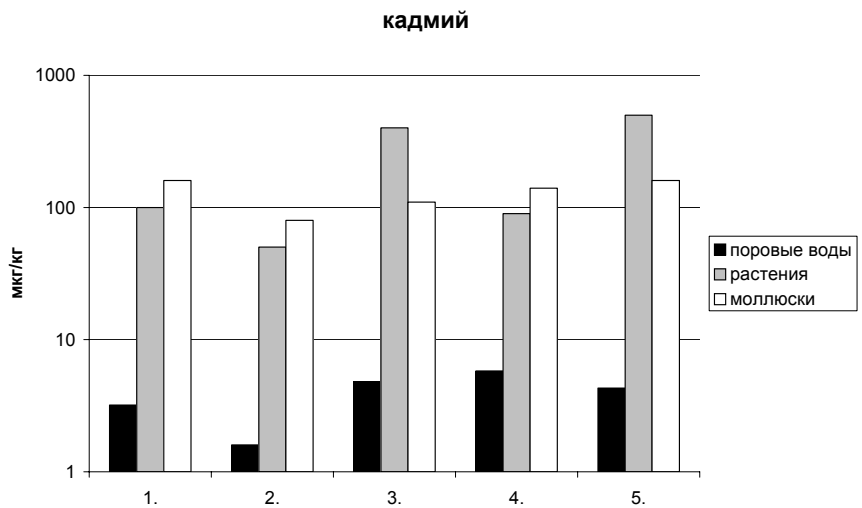
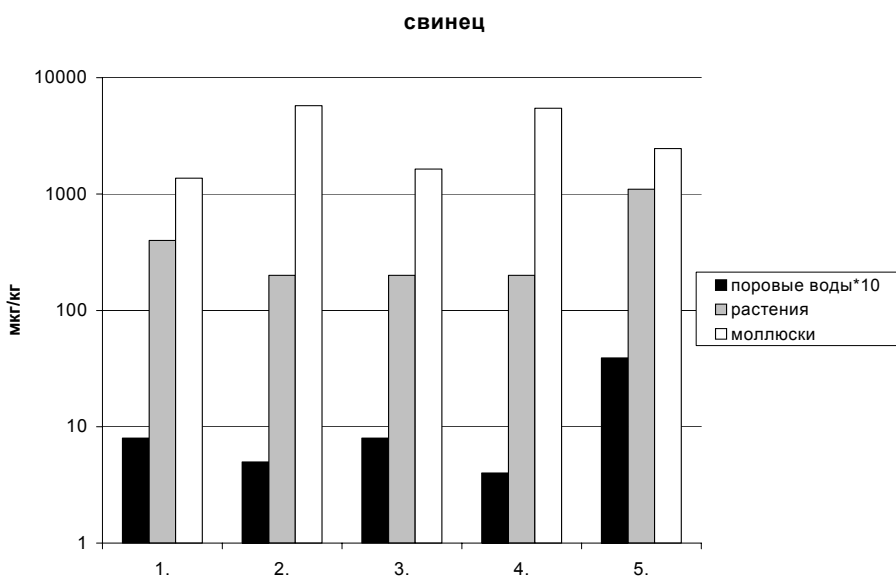
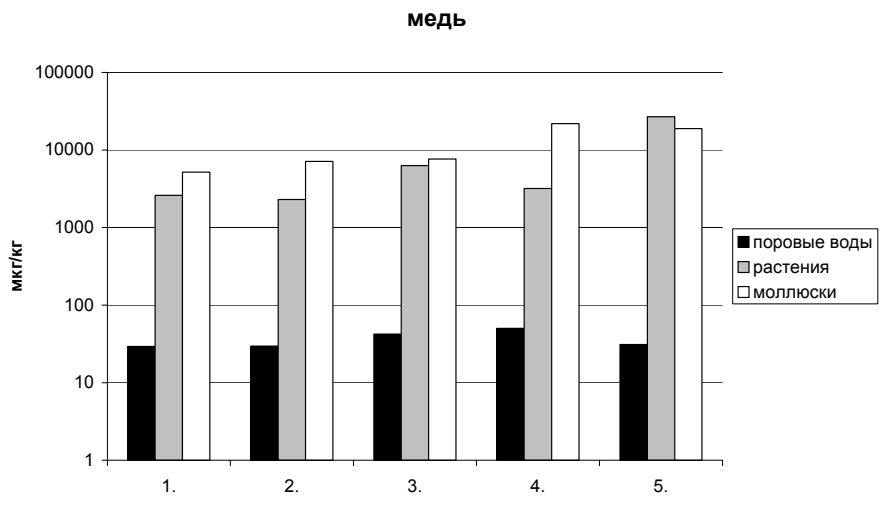
Прудовик яйцевидный обитает в постоянных непроточных и медленно текучих, преимущественно крупных водоемах, живет не только в прибрежье, но и в неглубоких котловинах, распространен в Европе и Западной Сибири. Высота раковины 15-24 мм,

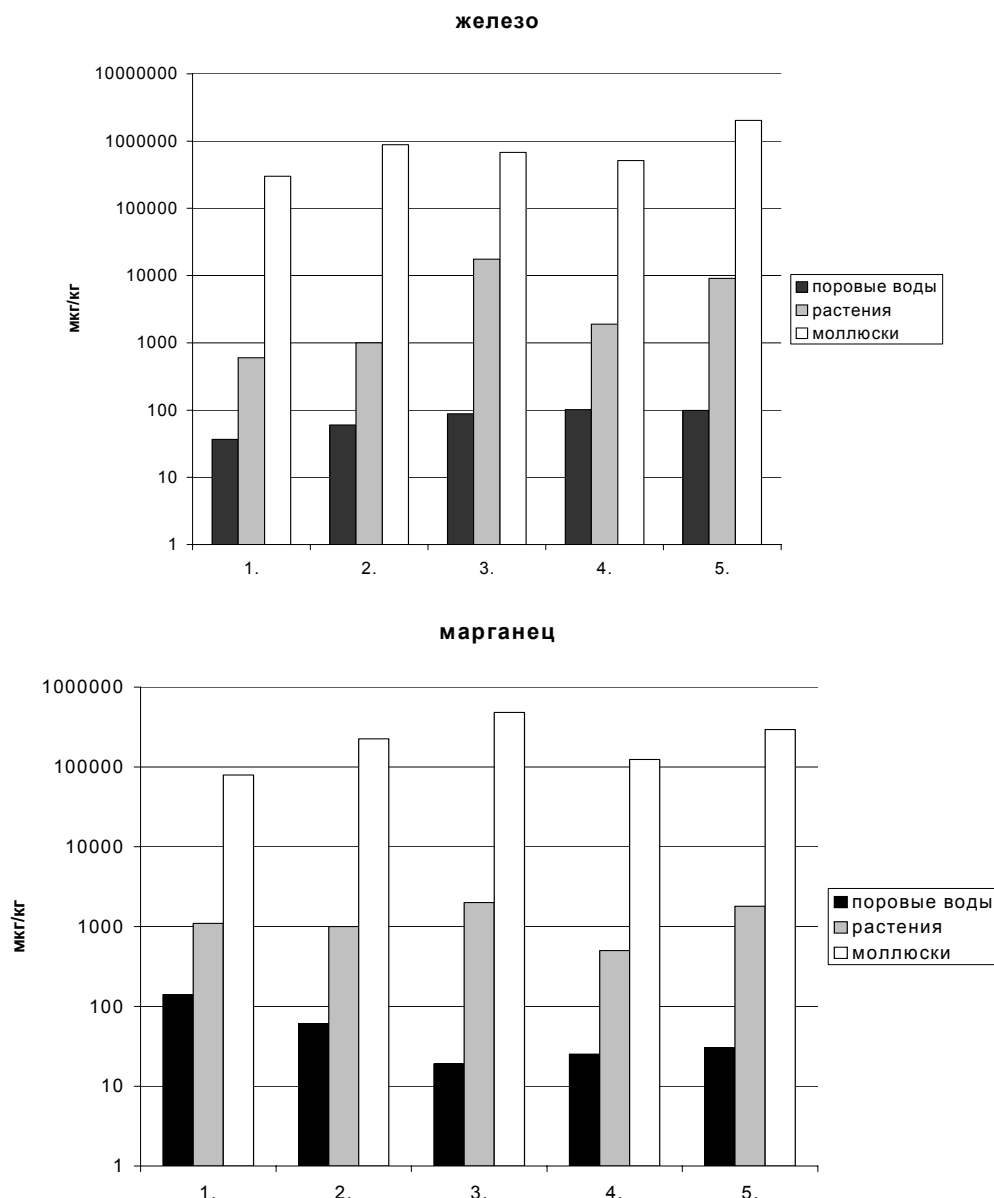
ширина 9-15 мм. Питается, соскабливая налет водорослей и детрит с водных растений и грунта. В р. Барнаулке встречается в озерах, среднем и нижнем течении, β-мезосапроб [1].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По данным большинства исследователей, выраженной видовой специфичности в накоплении тяжелых металлов в семействе Lymnaeidae не обнаружено [10], причем многие авторы приводят результаты по их накоплению для семейства в целом, не указывая конкретных видов. Поэтому, представляется возможным построить цельный профиль накопления тяжелых металлов на основании их накопления двумя видами моллюсков Lymnaeidae из р. Барнаулки [2].

Для анализа накопления ряда тяжелых металлов в трофической цепи сравнивали их концентрацию в моллюсках и их пище (растительных организмах) – основным источником поступления тяжелых металлов для водных животных [7]. Причем *L. stagnalis* сравнивали с *Potamogeton pectinatus* L., а *L. ovata* с *Cladophora glomerata* (L.) Kütz, в соответствии с их пищевыми предпочтениями. Результаты анализа представлены на рис. 1. Концентрация тяжелых металлов в растениях и животных в свою очередь сравнивалась с их концентрацией в поровых водах (ПВ) – главным источником поступления тяжелых металлов для растений (через корневую систему для *Potamogeton pectinatus* и из придонного слоя воды для *Cladophora glomerata*) и основным дополнительным источником для зообентонтов [11]. Содержание тяжелых металлов в поровых водах в несколько тысяч раз превосходило содержание их в проточной воде р. Барнаулки [18].





**Рис. 1.** Содержание тяжелых металлов в поровых водах, растения *Potamogeton pectinatus* (1-2), *Cladophora glomerata* (3-5) и моллюсках *Lymnaea stagnalis* (1-2), *L. ovata* (3-5) на различных участках р. Барнаулки в 1999 г.: 1 – мост в районе с. Зимино; 2 – плотина у с. Черемное; 3 – ниже п. Борзовая заимка; 4 – г. Барнаул: ниже «Лесного пруда» (городской пляж); 5 – г. Барнаул: ниже впадения р. Пивоварки.

Концентрации свинца в моллюсках большинства точек отбора проб превышали фоновые (2 – с. Черемное, 4 – «Лесной пруд», 5 – ниже впадения р. Пивоварки) или были близки к максимальным (табл. 18). Такое распределение накопления свинца отражает, на наш взгляд, поступление его в водные экосистемы с выхлопными газами автомобильного транспорта.

Содержание меди, кадмия, цинка и марганца в моллюсках р. Барнаулки во всех точках отбора проб (табл. 2) не превышало концентраций в моллюсках малозагрязненных и незагрязненных водных объектах европейской части России, горных потоков Кавказа и Тянь-Шаня (Никаноров, Жулидов, 1991).

**Таблица 2** – Содержание тяжелых металлов (мкг/г) в моллюсках *Lymnaea stagnalis* и *L. ovata* (сухой вес) р. Барнаулки

Участок отбора	Cu	Pb	Cd	Fe	Mn
<i>L. stagnalis</i>					
1.	5,20	1,37	0,16	301,1	79,37
2.	7,12	5,75	0,08	884,0	224,14
<i>L. ovata</i>					
3.	7,66	1,64	0,11	681,5	481,68
4.	21,89	5,47	0,14	511,8	124,52
5.	18,88	2,46	0,16	2025,2	292,84
фоновое Lymnaeidae*	3,9-54,6	0,3-1,8	0,11-2,9	283-1125	60,7-785

\*по А.М. Никанорову и А.В. Жулидову (1991).

Накопление железа моллюсками р. Барнаулки в большинстве точек отбора проб не отличалось от фоновых показателей, кроме точки 5 (ниже впадения р. Пивоварки), что может быть обусловлено высокой степенью загрязнения реки и ее берегов на этом участке ломом черных металлов.

На рис. 1 хорошо прослеживается тенденция к накоплению свинца, железа и марганца по трофической цепи. Их концентрация превосходила в 207-9215 раз концентрацию в поровых водах и 61-301 раз в водных растениях. Некоторые исключения наблюдались для кадмия и меди, причем эти исключения, как видно из гистограмм, связаны с максимальными показателями содержания этих металлов в растениях. Вероятно, это свидетельствует, о проявлении действия механизма выведения тяжелых металлов из организма моллюсков в окружающую среду при превышении токсического порога содержания их в пище.

### ВЫВОДЫ

1. Брюхоногие моллюски (*Lymnaea stagnalis* и *L. ovata*) являются перспективными аккумулятивными биоиндикаторами загрязнения речных экосистем свинцом, железом и марганцем. Концентрация этих металлов в моллюсках в 61-301 раз превосходит таковую в водных растения и в 207-9215 раз – в поровых водах донных отложений р. Барнаулки.
2. Брюхоногих моллюсков наиболее перспективно использовать для мониторинга низких фоновых концентраций тяжелых металлов в пресноводных экосистемах.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает искреннюю благодарность своим коллегам из ИВЭП СО РАН: к.б.н. В.В. Кириллову, к.х.н. Е.И. Третьяковой и к.т.н. А.Н. Эйрих за методическую и практическую помощь в сборе и анализе

материалов, обсуждение результатов работы.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Д.М. Безматерных, Г.Н. Мисейко. Зообентос // Река Барнаулка: экология, флора и фауна бассейна / Под ред. М.М. Силантьевой. – Барнаул, 2000. – С. 135-146.
2. Д.М. Безматерных, Е.И. Третьякова, А.Н. Эйрих. Накопление тяжелых металлов моллюсками р. Барнаулки (бассейн Верхней Оби) // Актуальные вопросы экологии: Матер. междунар. научно-практ. конф. – Караганды: КарГУ, 2002. – С. 49-51.
3. В.И. Жадин. Моллюски пресных и солоноватых вод СССР. – М., Л.: Изд-во АН СССР, 1952. – 376 с.
4. Е.Ю. Зарубина, Е.И. Третьякова. Высшие растения – индикаторы загрязнения тяжелыми металлами поверхностных вод бассейна Кулундинского озера // Обеспечение качественной питьевой водой населения Сибири: Матер. конф. – Барнаул: АлтГУ, 2000. – С. 116-121.
5. Г.А. Леонова. Биогеохимическая индикация – перспективный метод изучения антропогенной трансформации водных экосистем // Современные проблемы гидробиологии Сибири: Матер. конф. – Томск: ТГУ, 2001. – С. 124-125.
6. Г.А. Леонова, Г.Н. Аношин, Н.Г. Шевелева. Экологическая экспертиза состояния водных экосистем бассейна р. Оби методом биогеохимической индикации // Современные проблемы гидробиологии Сибири: Матер. конф. – Томск: ТГУ, 2001. – С. 126-127.
7. Т.Г. Львова. Санитарная гидробиология с основами водной токсикологии. – Калининград: КГУ, 1996. – 70 с.

8. Г.Н. Мисейко, Д.М. Безматерных, Г.И. Тушкова. Биологический анализ качества пресных вод / Под ред. Г.Н. Мисейко. – Барнаул: АлтГУ, 2001. – 201 с.
9. Д. Мур, С. Рамамурти. Тяжелые металлы в природных водах. – М.: Мир, 1987. – 286 с.
10. А.М. Никаноров, А.В. Жулидов. Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 312 с.
11. Т.С. Папина. Транспорт и особенности распределения тяжелых металлов в ряду: вода – взвешенное вещество – донные отложения речных экосистем. Аналит. обзор. – Новосибирск: ГПНТБ СО РАН; ИВЭП СО РАН, 2001. – 58 с.
12. Поведение ртути и других тяжелых металлов в экосистемах (Аналитический обзор). Ч. 1-3. – Новосибирск: ГПНТБ, 1989.
13. П.А. Попов. О содержании тяжелых металлов в рыбах Верхней Оби // Задачи и проблемы развития рыбного хозяйства на внутренних водоемах Сибири. – Томск: ТГУ, 1996. – С. 36-37.
14. Ресурсы поверхностных вод районов освоения ресурсных и залежных земель: Вып. 6: Равнины Алтайского края и южной части Новосибирской области / Ред. В.А. Урываев. – Л.: Гидрометеиздат, 1962. – 978 с.
15. Ртуть в реках и водоемах: тез. докл. Всесоюз. симпозиума. – Новосибирск: ИХКиГ СО АН СССР, 1990. – 76 с.
16. Л.В. Руднева. Структура бентосных сообществ и содержание ртути в личинках амфибиотических насекомых водотоков бассейна р. Катунь // Сиб. экол. журн. – 1997. – Т. 4, № 2. – С. 167-172.
17. Е.И. Третьякова, Т.С. Папина, А.Н. Эйрих. Особенности распределения тяжелых металлов по различным компонентам водных экосистем бассейна Оби в зависимости от типа минерализации // Экологический анализ региона (теория, методы, практика). – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. – С. 136-143.
18. Е.И. Третьякова. Особенности распределения тяжелых металлов по компонентам экосистемы различной минерализации: Автореф. дис... к.х.н. – Барнаул, 2000. – 21 с.

---

**MOLLUSCUMS *LYMNAEA STAGNALIS* AND *L. OVATA* AS ACCUMULATIVE INDICATORS OF FRESH WATER POLLUTION BY HEAVY METALS (BARNAULKA RIVER AS A CASE STUDY)**

**D.M. Bezmaternykh**

*Gasteropods *Lymnaea stagnalis* and *L. ovata* are the promising accumulative bioindicators of fluvial ecosystems pollution by lead, iron and manganese. The concentration of these metals in molluscums is 61-301 times greater than in aquatic plants and 207-9215 times as much as in interstitial water of bottom sediments in Barnaulka River. The use of these molluscums for monitoring of low background concentration of heavy metals is the most promising one.*