

Планктондардың анықталған динамикасы соңғы екі кезеңдегі күшті желдің және тасымалды су массасымен келген зоопланктонның әсеріне байланысты болды. Бұл әдіспен жүргізілген байқауда зоопланктон көрсеткіштерімен сейсмикалық әсердің байланыс динамикасы табылған жоқ.

\*\*\*

*Effect of seismic survey on zooplankton resulting caused by engineering and geological prospecting in the North-East part of the Caspian Sea were researched (from 2 to 4 meters deep). The zooplankton was collected with the Juday net in July – August 2011 at 5 stations in three replications: baseline, during the seismic survey and 24 hours thereafter. In baseline studies the wind force did not exceed 3.5 m per sec., subsequently it rose up to 7-8 m per sec. Widespread were rotifera *Brachionus quadridentatus* hyphalmyros, *B.plicatilis rotundiformis*, cladocera *Podonevadne trigona* and *P. camptonyx*, copepoda *Acartia tonsa*, cirripedia nauplii and polychaeta larvae.*

*At one of the five stations the plankton counts in the baseline studies were equal to the plankton counts in the seismic survey, with almost complete absence of damaged species and low wind force. At the three stations the plankton counts and weight increased from 2 to 11 times in the phase of earthquake effect and strong wind. At one station only during the seismic survey a three-fourfold decrease in the number of community species was identified, which significantly increased in the subsequent period, when there was a strong wind as well.*

*On an average for the study area, diversity and number of the animals increased during the seismic survey and thereafter (202 and 172 thousand specimens per m<sup>3</sup>) as compared to those in the baseline studies (113 thousand specimens per m<sup>3</sup>). In the last two periods sensitivity of invertebrate animals was a shade higher as well (3.2 - 3.7%) as compared to that in the baseline studies (1.5%), but the percent of such species did not exceed a known level of natural distortion (5-6% of the weight). Indicators of  $\beta$  – saprobic zone and saprobity indices allowed to unambiguously characterize a water column as moderately contaminated at all stages.*

*The plankton dynamics identified was caused by a more intensive wind activity during the last two periods and water mass transport from usual aggregated zooplankton. This type of observations did not identify any relation between the zooplankton dynamics indices and the effect of earth shocks.*

УДК 574.587

Л.В. Яныгина

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ДЛЯ ДОННЫХ СООБЩЕСТВ ВОДОТОКОВ АЛТАЯ

Институт водных и экологических проблем СО РАН, e-mail:

zoo@iwep.asu.ru

*В работе проанализированы особенности структуры сообществ донных макробеспозвоночных горных водотоков Алтая, находящихся в зоне влияния горнодобывающих предприятий. Отмечено снижение общего видового богатства донных сообществ, сокращение числа видов чувствительных к загрязнению таксономических групп макробеспозвоночных (веснянок, поденок, ручейников) на участках, подверженных загрязнению. Дана оценка экологического состояния водотоков.*

В связи с интенсивной эксплуатацией минерально-сырьевых ресурсов и нерациональным подходом к использованию водных ресурсов значительное воздействие на состояние окружающей среды, в т.ч. водных экосистем, оказывают антропогенные факторы. В результате деятельности горнодобывающих предприятий происходит локальное изменение всех компонентов окружающей природной среды и ландшафтов в целом [1]. Многолетнее функционирование горнодобывающих и горноперерабатывающих предприятий приводит к трансформации почвенно-растительного покрова, возникновению техногенных форм рельефа, ухудшению качества поверхностных вод. Значимая роль в локальном загрязнении компонентов природной среды предприятиями горнометаллургического комплекса принадлежит тяжелым металлам [2].

Алтайская горная страна, в пределах которой расположены верхние участки водосборных бассейнов р. Обь и р. Иртыш, относится к наиболее старейшим горнорудным районам России и Казахстана и известна запасами полиметаллических, медных, свинцовых руд, золота и серебра. В настоящее время наиболее активная добыча руд ведется в юго-западной части Алтая (Рудный Алтай), большая часть которого относится к бассейну р. Иртыш. Менее освоены Северо-Восточный и Юго-восточный Алтай (бассейн р.Обь), однако, они относятся к районам с перспективными разведанными запасами металлических руд. К крупнейшим горнодобывающим предприятиям Юго-восточного Алтая до 1990-х годов относилось Акташское горно-металлургическое предприятие (АГМП), занимавшееся добычей ртути. С начала 1990-х годов горнодобывающую деятельность предприятие прекратило и стало заниматься утилизацией ртутьсодержащих отходов. Однако на водосборе реки сохранились отвалы некондиционных руд, характеризующиеся повышенным содержанием тяжелых металлов [2]. Основными факторами влияния добычи полезных ископаемых на окружающую среду являются: сбросы сточных вод; утечки, испарение и фильтрация рабочих и обезвреженных растворов; плоскостной смыв и ветровой перенос руд, грунтов и технологических отходов [3].

Одним из наиболее объективных и надежных показателей экологического состояния водоема и общего уровня антропогенной нагрузки на него являются донные отложения, т.к. они отражают многолетние процессы накопления и трансформации веществ в водоеме [4]. В системе экологического мониторинга поверхностных вод и донных отложений в последнее время происходит переход от чисто химических методов на биологические, которые основаны на биоиндикации и позволяют оценивать совокупное воздействие различных факторов среды [5]. Одним из самых распространенных объектов в системе биомониторинга экологического состояния водоемов являются бентосные беспозвоночные, т.к. они широко распространены, приурочены к определенному биотопу, имеют высокую численность, относительно крупные размеры продолжительный срок жизни, достаточный чтобы аккумулировать загрязняющие вещества за длительный период времени [6].

**Цель данной работы** – оценка особенностей состава и структуры сообществ донных макробеспозвоночных горных водотоков Алтая, находящихся в зоне влияния горнодобывающих предприятий.

Оценку экологического состояния водных объектов проводили на основе исследований донных макробеспозвоночных водотоков, расположенных в зоне деятельности ООО "Акташское горно-металлургическое предприятие" (АГМП): р. Ярлыамры, Чибитка, р.Чуя, р.Катунь (у п.Иня) и рудника «Веселый» (Синюхинское золото-медное месторождение): р. Синюха, р. Сейки, в р. Ынырга, р. Саракокша (приток р. Бия). Для сравнения использованы материалы по распределению макробеспозвоночных в водотоках бассейна р. Ульба (в зоне деятельности предприятий горнодобывающего комплекса «Казцинк», «Титано-магний комбинат», «Ульбинский металлургический завод») [7].

Особые затруднения при гидробиологическом мониторинге поверхностных вод представляет количественная оценка степени изменения экосистемы. Подавляющее большинство биотических индексов, используемых в экологическом мониторинге поверхностных вод, разработано для органического загрязнения. В настоящее время специфических индексов, учитывающих особенности реакций сообществ гидробионтов на загрязнения тяжелыми металлами не существует. В мировой практике наиболее часто для индикации загрязнения тяжелыми металлами, в том числе в результате горнодобывающей деятельности, используют следующие показатели: число видов и численность ЕРТ (веснянок, поденок и ручейников), общее число видов, среднее число особей одного вида [8, 9, 10, 11].

Для определения экологического состояния водного объекта, оценки степени нарушения экосистемы возможно использование двух подходов: первый – сравнение показателей с эталонными для данного участка реки; второй – сравнение с нормативными значениями. Первый подход позволяет учитывать региональные особенности состава и структуры сообществ; второй дает возможность сравнивать оценки, сделанные для различных регионов. Многие структурные характеристики сообществ (число видов, родов, семейств, индексы видового разнообразия), не имеют универсальной градации и поэтому для оценки экологического состояния могут использоваться только в сравнении с эталонными створами.

Большинство индексов, используемых в системах биологического мониторинга поверхностных вод в странах ЕС и США, основаны на снижении таксономического разнообразия чувствительных групп гидробионтов по мере увеличения уровня загрязнения водотоков. Однако снижение биоразнообразия может быть вызвано не только увеличением уровня антропогенного загрязнения, но и изменением естественных биотических и абиотических условий. В связи с этим нами были проанализированы изменения некоторых биотических индексов на фоновых участках реки (табл. 1).

Таблица 1

**Значения некоторых биотических индексов на фоновых для р. Ярлыамры створах.**

| Название реки               | Шеннон | TBI  | BMWP | ASPT | EPT  | EBI  |
|-----------------------------|--------|------|------|------|------|------|
| р. Корумпту                 | 2,0    | 6,0  | 36,0 | 7,0  | 4,0  | 9,0  |
| р. Барбургазы (верх)        | 2,2    | 6,0  | 9,0  | 4,5  | 1,0  | 9,0  |
| р. Ярлыамры выше рудника    | 1,5    | 6,0  | 25,0 | 6,2  | 3,0  | 11,0 |
| <i>среднее</i>              | 1,9    | 6,0  | 23,3 | 5,9  | 2,7  | 9,7  |
| <i>коэффициент вариации</i> | 0,21   | 0,00 | 0,58 | 0,22 | 0,57 | 0,12 |

Примечание: Н – индекс видового разнообразия (по Шеннону), TBI – биотический индекс р. Трент, BMWP – Biological Monitoring Working Party Index, ASPT – Average Score Per Taxon Index, EPT – число видов веснянок, поденок и ручейников, EBI – расширенный биотический индекс Вудивисса, s – число видов.

В связи со значительной вариацией индексов BMWP и EPT на фоновых участках, а также схожестью амплитуды колебаний этих индексов на фоновых и загрязненных участках реки (табл. 2) использование этих индексов для индикации экологического состояния малых горных водотоков бассейна р. Чуя ограничено и возможно только в качестве дополнительных показателей. Значения остальных индексов соответствуют 1-2 классу качества. В связи с невысоким таксономическим разнообразием, свойственным малым водотокам, фоновые значения биотического индекса Вудивисса (TBI) также оказались невысокими (6).

Таблица 2

**Значения некоторых биотических индексов в речной системе Ярлыамры-Чибитка-Чуя**

| Название реки, створ        | Шеннон | TBI  | BMWP | ASPT | EPT  | EBI  |
|-----------------------------|--------|------|------|------|------|------|
| р. Ярлыамры (фон)           | 1,9    | 6,0  | 23,3 | 5,9  | 2,7  | 9,7  |
| р. Ярлыамры ниже рудника    | 1,4    | 1,0  | 7,0  | 3,5  | 0,0  | 5,0  |
| Р. Чибитка (устье)          | 2,8    | 6,0  | 42,0 | 8,4  | 5,0  | 11,0 |
| Р. Чуя (устье)              | 2,5    | 9,0  | 53,0 | 7,7  | 7,0  | 14,0 |
| Р. Катунь у п. Иня          | 2,8    | 8,0  | 55,0 | 7,5  | 7,0  | 14,0 |
| <i>коэффициент вариации</i> | 0,25   | 0,51 | 0,51 | 0,29 | 0,64 | 0,34 |

Значения большинства биотических индексов (TBI, BMWP, EPT, EBI) увеличиваются в ряду рек Ярлыамры-Чибитка-Чуя и свидетельствуют об улучшении экологического состояния водотоков по мере удаления от источника загрязнения – АГМП. Абсолютные значения индексов TBI, BMWP, EBI, ASPT соответствуют для р. Ярлыамры 5-6 классу качества, р. Чибитки – 1-4 классу, р. Чуя – 1-3 классам. Однако, вариабельность индекса видового разнообразия Шеннона на загрязненных участках по сравнению с фоновыми практически не изменилась, а индекса BMWP даже снизилась. Исключение этих индексов из рассмотрения

позволяет оценить состояние р. Ярлыамры как грязное (5-6 класс), р. Чибитки – очень чистое–умереннозагрязненное (1-3 класс), р. Чуя – очень чистое–чистое (1-2 класс). Минимальная вариабельность на фоновых участках и максимальная – по мере удаления от источника загрязнения отмечена для индекса ТВІ, что и позволяет рекомендовать его для оценки экологического состояния высокогорных водотоков. В качестве дополнительных могут быть использованы индексы ЕВІ и АSРТ.

Использование другого подхода – сравнение биотических индексов с фоновыми значениями – позволяет классифицировать экологическое состояние р. Чуя как фоновое, р. Чибитка – как слабозагрязненное и р. Ярлыамры – как загрязненное (3-4 класс качества).

Минимальные значения биотических индексов в зоне деятельности рудника «Веселый» отмечены в р. Синюха, максимальные значения – преимущественно в р. Саракокша. Расширенный биотический индекс Вудивисса давал завышенную по сравнению с другими индексами оценку качества воды и, вероятно, не может быть использован для данного типа водотоков. Сточные воды горнодобывающего предприятия «Рудник «Веселый» приводят к снижению общего видового богатства макробеспозвоночных водотока, сокращению числа чувствительных к загрязнению таксономических групп. Однако, качество среды обитания гидробионтов быстро восстанавливается и уже в р. Сейка, принимающей воды р. Синюха, соответствует фоновым значениям. Оценка качества воды по биотическим индексам в целом соответствовала оценке по гидрохимическим показателям [12], диагностировавшим существенное ухудшение качества воды в р. Синюха и незначительное – в остальных водотоках данной речной системы. Значения большинства биотических индексов свидетельствуют о «высоком» качестве воды в р. Саракокша, «хорошем» – в р. Сейка и р. Ынырга, «низком» – в р. Синюха.

Таким образом, для горных водотоков бассейна р. Обь, находящихся в зоне влияния горнодобывающих предприятий, характерно снижение общего видового богатства, а также числа видов чувствительных к загрязнению групп гидробионтов (преимущественно веснянок, поденок и ручейников) по мере увеличения уровня загрязнения водотоков тяжелыми металлами. На фоне низких значений или значительных сезонных колебаний численности и биомассы гидробионтов малых высокогорных водотоков, эти показатели на фоновых и загрязненных участках водотоков достоверно не отличались.

На устьевых участках р. Туры (левый приток р. Обь) в связи с увеличением содержания тяжелых металлов отмечено снижение видового богатства, численности и биомассы, сокращается число чувствительных видов (поденок, веснянок, ручейников) и возрастает число устойчивых (личинки двукрылых и олигохет) [13]. Исследования, проведенные в Швейцарии, США, Эквадоре, Перу, Японии показывают, что загрязнение воды тяжелыми металлами (цинк, медь, кобальт, молибден, кадмий и их смесями), в том числе в результате горнодобывающей деятельности, приводит к снижению видового разнообразия гидробионтов и изменению таксономической структуры сообществ [11, 15, 16, 14, 17]. Эти изменения связаны с элиминацией чувствительных к загрязнению видов беспозвоночных. Среди наиболее чувствительных к загрязнению тяжелыми металлами таксономических групп названы поденки, веснянки и ручейники семейств *Heptageniidae*, *Ephemereillidae*, *Taeniopterygidae*, *Capniidae* и *Leptoceridae* ([15, 18]).

Таким образом, разнотипные таксономическому составу макробеспозвоночных донные сообщества рек, различающихся по морфометрическим, гидрофизическим и гидрологическим характеристикам проявляют общие черты реакций на загрязнения сточными водами металлургических предприятий. Эта реакция проявляется в снижении общего видового богатства донных сообществ, сокращении числа видов чувствительных к загрязнению таксономических групп макробеспозвоночных. Специфических реакций на отдельные виды загрязнителей не выявлено.

### ВЫВОДЫ

Оценка экологического состояния рек, находящихся в зоне деятельности предприятий горнодобывающего комплекса позволяет классифицировать экологическое состояние р. Чуя, р. Катунь, р. Саракокша, р. Сейка и р. Ынырга, как фоновое, р. Чибитка – как слабозагрязненное и р. Ярлыамры и р. Синюха – как загрязненное.

При загрязнении горных водотоков бассейна р. Обь тяжелыми металлами отмечено снижение общего видового богатства донных сообществ, сокращение числа видов чувствительных к загрязнению таксономических групп макробеспозвоночных (веснянок, поденок, ручейников).

Специфических реакций на отдельные виды загрязнителей не выявлено

Индексы ТВІ, ВМWР, ЕРТ, ЕВІ и АSРТ, принятые в системах биологического мониторинга поверхностных вод в странах ЕС и США для индикации органического загрязнения, можно применять для оценки уровня загрязнения тяжелыми металлами горных водотоков Алтая.

При отсутствии региональных модификаций биотических индексов оценку качества воды можно проводить только в сравнении с фоновыми створами.

Разнотипные таксономическому составу макробеспозвоночных донные сообщества рек, различающихся по морфометрическим, гидрофизическим и гидрологическим характеристикам проявляют общие черты реакций на загрязнения сточными водами металлургических предприятий.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Махинов А.Н., Шевцов М.Н., Махинова А.Ф., Корнеева Н.И., Экологические последствия строительства горнодобывающих предприятий в северных районах Хабаровского края. – Вестник ТОГУ. – 2010. – № 3 (18). – С. 115-122.

2. Пузанов А.В., Робертус Ю.В., Горбачев И.В., Бабошкина С.В., Любимов Р.В. Загрязнение окружающей среды под влиянием горнодобывающих и горноперерабатывающих предприятий Алтая // Проблемы региональной экологии. - №6. - 2008. - С. 28-32.
3. Кивацкая А.В. Эколого-геохимические последствия кучного выщелачивания золота (на примере ОАО «Рудник «Веселый», Республика Алтай). - Автореф. дис... к.г.н. - Томск, 2006. - 24 с.
4. Бреховских В.Ф. Донные отложения Ивановского водохранилища: состояние, состав, свойства. - М.: Наука, 2006. - 176с.
5. Семенченко В.П. Принципы и системы биоиндикации текучих вод. - Минск: Орех, 2004. - 125 с.
6. Баканов, А.И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов / А.И. Баканов // Биология внутренних вод. - 2000. - № 1. - С. 68-82.
7. Евсеева А.А., Яныгина Л.В. Макрозообентос реки Ульба (Восточный Казахстан) в условиях антропогенной нагрузки // Мир науки, культуры, образования. - 2010. - №6, ч. 1. - С. 258-262.
8. Kaye A. The effects of mine drainage water from Carrock Mine on the water quality and benthic macroinvertebrate communities of Grainsgill Beck // Earth & Environment 2005. - 1. - P. 120-154.
9. Maret T.R., Cain D.J., MacCoy D. E., Short T.M. Response of benthic invertebrate assemblages to metal exposure and bioaccumulation associated with hard-rock mining in northwestern streams, USA // Journal of the North American Benthological Society. - 2003. - V. 22, Iss. 4. P. 598-620.
10. Tarras-Wahlberg N.H., Flachie A., Lane S.N., Sangfors O. Environmental impacts and metal exposure of aquatic ecosystems in rivers contaminated by small scale gold mining: the Puyango River basin, southern Ecuador // The Science of the Total Environment. - 2001. - v. 278. - P. 239-261.
11. Iwasaki Y., Kagaya T., Miyamoto K.-i., Matsuda H., Sakakibara M. Effect of zinc on diversity of riverine benthic macroinvertebrates: Estimation of safe concentrations from field data. Environmental Toxicology and Chemistry, 2011 v.30: 2237-2243. doi: 10.1002/etc.612
12. Сакладов А.С. Характер и масштабы влияния на окружающую среду отходов горнодобывающих предприятий республики Алтай. - Автореф.дис...к.г.-м.н. - Томск, 2008. - 24 с.
13. Исаченко-Боме Е. А. Оценка современного состояния водных экосистем бассейна реки Туры по структуре макрозообентоса в условиях хронического антропогенного воздействия. - Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. - Борок, 2004. - 24 с.
14. Beltman D.J., Clements W.H., Lipton J., Sacela D. Benthic invertebrate metals exposure, accumulation, and community level effects downstream from a hard-rock mine site. // Environ. Toxicol. Chem. - 1999. - v. 18, №2. - P. 299-307.
15. Courtney L.A., Clements W.H. Sensitivity to acidic pH in benthic invertebrate assemblages with different histories of exposure to metals. // J. Nam. Benthol. Soc. - 2000. - v. 19, № 1. - P. 112-127.
16. Malmqvist B, Hoffsten P.O. Influence of drainage from old mine deposits on benthic macroinvertebrate communities in central Swedish streams. // Water Res. - 1999. - v. 33, №10. - P. 2415-2423.
17. De Pauw N., Gabriels W., Goethals P.L.M. River monitoring and assessment methods based on macroinvertebrates. // Biological monitoring of rivers. Applications and perspectives. - Chichester: John Wiley & Sons, 2006. - P. 113-134.
18. Beasley G., Kneale P. E. Investigating the influence of heavy metals on macroinvertebrate assemblages using Partial Canonical Correspondence Analysis // Hydrology and Earth System Sciences. - 2003. - v. 7. - P. 221-233.

\*\*\*

*Тау-кен кәсіпорындарының әсеріне ұшырайтын Алтайдың тау суларындағы макромыртқасыздары қауымдастығының құрылымдық ерекшеліктері талданған. Су түбі қауымдастықтарының жалпы түрлік алуантүрлілігінің азайғаны, ластануға бейім учаскелерінде ластануға сезімтал макромыртқасыздардың таксономиялық топтарының (весьнянкалардың, поденкалардың, жылғалықтардың) түр саны азайғаны көрсетілген. Су көздерінің экологиялық жағдайларына баға берілген.*

\*\*\*

*In work features of structure of communities of ground macroinvertebrate mountain water currents of Altai which is in a zone of influence of the mining enterprises are analysed. Decrease in the general specific riches of ground communities, reduction of number of kinds sensitive to pollution таксономических groups of macroinvertebrates (весьнянок, green drakes, caddis flies) on the sites subject to pollution isn'ted. The estimation of an ecological condition of water currents is given.*