

УДК 577.472

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ВОДНЫХ БИОЦЕНОЗОВ
И НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИЧЕСКОЙ ЭКОЛОГИИ**

С. А. Патин

Среди многих аспектов изучения и хозяйственного освоения водных биоресурсов имеется проблема, значимость которой не вызывает сомнений, но которая, тем не менее, до сих пор остается нерешенной. Речь идет об экологической роли и поведении микроэлементов* в гидробиологической системе и об их использовании в целях направленного воздействия на структуру и продуктивность водных биоценозов.

К настоящему времени накоплен обширный материал, свидетельствующий об активном участии микроэлементов в процессах вещественного, структурного и энергетического метаболизма, без которых немислима жизнедеятельность любого организма. Именно этот материал послужил, как известно, научным обоснованием широкого и всестороннего использования микроэлементов в практике сельского хозяйства, где они прочно вошли в арсенал современных средств повышения плодородия полей и интенсификации животноводства. Значение микроэлементов в сельском хозяйстве несомненно возрастет в связи с перспективным переходом сельского хозяйства на биогеоценотическую основу и увеличением продуктивности многокомпонентных агробиоценозов (Тюрюканов, 1970).

Проблема разработки методов направленного воздействия на структуру и продуктивность водных биоценозов особенно остро стоит сейчас перед рыбным хозяйством.

Трудно представить иной подход к решению этой проблемы, кроме биогеоценотического, требующего комплексного воздействия и на популяции гидробионтов и на среду их обитания. Уже наметились отдельные направления в этой перспективной области: улучшение кормовой базы рыбохозяйственных водоемов путем внесения водных удобрений и кормов (Винберг, Ляхович, 1965), разведение рыб, беспозвоночных и водорослей в контролируемых экологических условиях (Берман, 1969; Зенкевич, Марти, 1970), создание морских плантаций и водных биологических хозяйств (Моисеев, 1969; Зайцев, 1970). В последние годы разрабатываются теоретические и практические аспекты воздействия на пищевые цепи и биопродуктивность во внутренних и морских прибрежных водах (Стрикленд, 1968), а также культивирования одноклеточных водорослей и освоения пищевых ресурсов морского макропланктона (Моисеев, 1969).

Остановимся подробнее на некоторых из этих направлений в связи с возможностями использования микроэлементов в качестве экологических факторов в водной среде.

* биологически активные микроэлементы

В прудовом хозяйстве при разведении рыб и беспозвоночных микроэлементы, как известно, уже нашли применение в качестве необходимых компонентов водных удобрений и пищевого рациона промысловых организмов. Известны многочисленные свидетельства эффективности и экономической целесообразности такой практики. Есть основания полагать, что создание водных биологических хозяйств потребует в некоторых случаях определенного изменения при помощи минеральных удобрений (в том числе содержащих микроэлементы) гидрохимического режима среды обитания организмов. Целесообразность и перспективность таких мероприятий признается в настоящее время не только для пресных, но и для некоторых морских водоемов (Зенкевич, Марти, 1970). Уже известны примеры высокой эффективности химического удобрения прибрежных морских акваторий типа лагун, фиордов (Стрикленд, 1968). Использование в аналогичных ситуациях микроэлементов предполагает, естественно, глубокое изучение экологических и биогеохимических аспектов поведения микроэлементов в водной среде, их биологических функций и процессов накопления гидробионтами.

Особое место, на наш взгляд, среди всех перечисленных выше направлений хозяйственного освоения водных биоресурсов следует уделить разработке методов целенаправленного действия на природу первых трофических уровней, от которых зависит все остальные звенья пищевой цепи и структура гидробиоценоза в целом. Подобное воздействие немыслимо без вскрытия сложных закономерностей, управляющих процессами повообразования органического вещества в зоне фотосинтеза и связанных с минеральным питанием фитопланктона. Аналогичные задачи возникают также при массовом культивировании одноклеточных водорослей. В этой связи обращают на себя внимание известные результаты экспериментальных природных наблюдений за первичной продуктивностью вод и развитием планктона в условиях контролируемого содержания в среде микроэлементов (Бенжицкий, 1969; Ковальский, Летунова, 1966; Феоктистова, 1961; Dugdale, 1967; Thomas, 1969).

Эти и некоторые другие исследования (см., например, Хатчинсон, 1965) дают основание рассматривать микроэлементы как фактор, лимитирующий при определенных условиях состав, численность и продукцию планктона. Однако практическое использование микроэлементов для целей направленного воздействия на продукционно-биологические процессы в природе и эксперименте будет зависеть от решения ряда задач:

выявления потребностей планктона в микроэлементах, а также нормальных токсических и недостаточных концентраций этих веществ в воде;

изучения физиологии и кинетики роста фито- и зоопланктона в связи с присутствием микроэлементов;

механизма гидробиологического накопления и фиксации микроэлементов на различных трофических уровнях и перехода по пище-

вым популяций в зависи-

мости от содержания микроэле-

малоизученных вопросов можно было бы продолжить, однако сейчас важнее наметить наиболее перспективные проблемы и возможные пути их решения.

В этой связи обращает на себя внимание то обстоятельство, что большинство из названных выше направлений связано с изучением экологического взаимодействия планктонных организмов и популяций с химическими компонентами водной среды. Аналогичную проблему, но в отношении радиоизотопов, решает, как известно, радиационная экология гидробионтов (Поликарпов, 1970). Отсюда представляется возможным использование достижений и методов радиоэкологии в познании процессов накопления и фиксации микроэлементов в водных организмах. Перспективность такого рода исследований подтверждают некоторые пока немногочисленные работы эколого-физиологического характера с применением радиоактивных изотопов: железа-55, кобальта-60, цинка-65 и некоторых других (Cushing, Watson, 1968; Holden, 1969).

Метод радиоактивных индикаторов позволяет также приступить к решению принципиально важного и практически не исследованного вопроса о связи химических и физико-химических форм нахождения микроэлементов в водной среде с эффективностью их накопления планктонными и другими организмами. Существование такой связи и ее определяющее влияние на поведение всех элементов в гидробиологической системе в настоящее время не вызывает сомнения, однако экспериментальные и прикладные работы с микроэлементами часто не учитывают этого обстоятельства.

Исследование взаимодействия гидробионтов с микрокомпонентами водной среды может быть осуществлено в принципе двумя способами. Один из них предполагает воспроизведение этих процессов в контролируемых условиях эксперимента. Такой способ удобен для оценки влияния отдельных микроэлементов или их сочетаний на развитие водных организмов, когда действие остальных факторов среды одинаково в опыте и контроле. В экспериментальных условиях исследуются также механизмы накопления отдельных металлов организмами, переход питательных веществ, в том числе и микроэлементов, по пищевой цепи, локализация микроэлементов в органах и тканях гидробионтов и ряд других вопросов, причем часто используют для этой цели метод радиоактивных индикаторов. Иногда подобные эксперименты проводят в условиях, максимально приближенных к естественным, путем введения соответствующих радиоизотопов либо в экспериментальные водоемы (Thomas, 1966), либо в предварительно изолированные участки морской или пресноводной экосистемы (Parker, 1966).

Другой способ основан на изучении природного содержания отдельных микроэлементов в гидробионтах и других компонентах экосистемы водоемов. При этом возможно не только выявление естественных потребностей организмов в химических элементах в разных экологических условиях, не только изучение их распределения и миграции в водной среде, но и вскрытие закономерностей накопления элементов в зависимости от биотических и абиотических факторов среды, физиологического состояния организмов и физико-химических свойств элементов.

Такие исследования предполагают, естественно, накопление многочисленных воспроизводимых данных по концентрации микроэлементов в водных организмах разных видов, на разных трофических уровнях, а также в минеральных компонентах экосистемы (воде, донных отложениях, взвеси). К сожалению, фактический материал в этой области все еще недостаточен для глубоких экологических обобщений и практических рекомендаций. До настоящего времени отсутствуют надежные и представительные данные о содержании микроэлементов во многих видах морского и пресноводного населения. Мало изучена изменчивость химического состава гидробионтов в связи с гидрологическими, гидро-

химическими и другими характеристиками водоемов разного физико-географического типа. Только немногие из элементов, главным образом железо и марганец, исследуются как компоненты водной среды, участвующие в комплексе геохимических и биохимических превращений в водоемах (см., например, Хатчинсон, 1969), тогда как по другим металлам имеются лишь отрывочные сведения.

В то же время необходимость усиления работ по изучению элементарного состава гидробионтов и их жизнедеятельности в связи с химическим составом и питательными свойствами водной среды диктуется не только научной, но и практической значимостью таких исследований. В этой связи весьма актуальна, на наш взгляд, постановка новой для рыбохозяйственной науки и практики проблемы химико-экологического районирования природных вод внутренних водоемов и шельфа СССР. При этом должны быть учтены как «макрохимические» факторы продуктивности вод (содержание нитратов, фосфатов, кремния и других биогенов), так и наличие в водной среде биологически важных микроэлементов.

Подобное районирование уже сейчас могло бы иметь практическое приложение для обоснования состава, норм и способов применения минеральных удобрений, в том числе и микроэлементов в природных водоемах разных географических и геохимических зон страны. Такой дифференцированный подход даст возможность выделить акватории с наиболее благоприятным для целей водных биохозяйств химико-экологическим режимом, что вполне оправдано значительной вариабельностью содержания минеральных биогенов и микроэлементов в водной среде.

Следует подчеркнуть важность сочетания работ по исследованию химического режима водоемов и минерального состава водной среды с одновременным изучением элементарного состава популяций гидробионтов. Именно такое сочетание придаст этим работам экологическую направленность, отличающую их от гидрохимических наблюдений, и, несомненно, поможет решению многих из перечисленных выше вопросов химической экологии и рациональной эксплуатации водных биоресурсов. Этому могут способствовать также успехи, достигнутые к настоящему времени в разработке точных и удобных методов анализа химического состава природных объектов.

Известно, что завершившееся недавно создание государственной почвенно-агрохимической карты СССР и картирование территории страны по биохимическим зонам и провинциям с разным содержанием микроэлементов явилось важным практическим вкладом современной науки в интенсификацию сельского хозяйства и повышение урожайности сельскохозяйственных культур.

Некоторые из результатов этой большой работы могут быть применены для решения вопросов химико-экологического районирования природных вод, поскольку, очевидно, существует определенная корреляция между агрохимическими свойствами и химическим составом почвенного покрова и наземных биоценозов с соответствующими характеристиками природных вод и популяций гидробионтов в каждой из биогеохимических зон.

В заключение необходимо отметить, что значение и проблематика рассмотренных направлений выходит за рамки потребностей только рыбного хозяйства. Достаточно напомнить, например, о нарастающих необратимых изменениях в водной среде и биоценозах под влиянием промышленного загрязнения и необходимости пристального контроля и изучения экологической обстановки в водоемах (Камшилов, 1968). Таким образом, речь идет, по существу, об одном из аспектов важнейшей научной и практической проблемы современности — проблемы оптимальных отношений между человеком и биосферой.

ЛИТЕРАТУРА

- Бенжицкий А. Г. О роли морских организмов в миграции витамина В₁₂. В сб. «Вопросы морской биологии». Киев, «Наукова думка», 1969.
- Берман Ш. А. Геохимическая экология пресноводных рыб. В сб. «Вопр. биологии». Рига, «Зинатне», 1969.
- Винберг Г. Г., Ляхнович В. П. Удобрение прудов. Изд-во «Наука», 1965.
- Зайцев В. П. Морские плантации и фермы. «Рыбн. хоз-во», 1970, № 1.
- Зенкевич Л. А., Марти Ю. Ю. К регулируемым биологическим хозяйствам, «Природа», 1970, № 4.
- Камшилов М. М. Эволюция организмов и загрязнения водоемов. «Гидробиолог. журн.», 1968, № 5.
- Ковальский В. В., Летунова Е. В. Биогенная миграция кобальта в водоемах. «Геохимия», 1966, № 12.
- Моисеев П. А. Биологические ресурсы Мирового океана. «Пищевая пром-сть», 1969.
- Поликарпов Г. Г. Нерешенные проблемы водной радиоэкологии. «Радиобиология». Т. 10. Вып. 2, 1970.
- Стрикленд Дж. Д. Х. Пищевые цепи в море на их начальных звеньях. В сб. «Основные проблемы океанографии». Изд-во «Наука», 1968.
- Тюрюканов А. Н. Некоторые аспекты учения о биосфере и биогеоценозах. Научные доклады высшей школы. Биол. науки, № 4, 1970.
- Феоктистова О. И. Влияние кобальта на численность планктонных сине-зеленых водорослей и на синтезирование ими витамина В₁₂. Бюлл. Ин-та биологии водохранилищ, № 10, 1961.
- Хатчинсон Д. Лимнология. Изд-во «Прогресс», 1969.
- Cushing, C. E., Watson, D. G. Accumulation of ³²P and ⁶⁵Zn by living and killed plankton. *Oikos*, Vol. 19, No. 1, 1968.
- Dugdale, R. G. Nutrient limitation in the sea: dynamics, identification and significance. *Limnol. and Oceanogr.* Vol. 12, No. 4, 1967.
- Holden, D. J. Iron metabolism in *Mytilus edulis*. I. Variation in total content and distribution. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* Vol. 47, 1967.
- Parker, P. L. Movement of radioisotopes in a marine bay: Co-60, Fe-59, Mn-54, Zn-65, Na-22. *Publ. Inst. Mar. Sci. Univ. Tex.* Vol. 11, 1966.
- Thomas, W. H. Phytoplankton nutrient enrichment experiments off Baja California and in the eastern equatorial Pacific Ocean. *J. Fish. Res. Bd. Canada.* Vol. 26, No. 5, 1969.

BIOLOGICAL PRODUCTIVITY OF AQUATIC BIOCOENOSES AND SOME PROBLEMS OF CHEMICAL ECOLOGY

S. A. Patin

SUMMARY

The principal trends are considered in the hydrobiological and fisheries research related to the use of trace elements as an ecological factor in aquatic medium. Special attention is given to the prospects of elaborating chemical methods to purposefully affect the nature of the first trophic level in hydrobiocoenosis. A new to the fishery science and practice problem is raised of a chemico-ecological division of the USSR shelf waters.

LA PRODUCTIVITÉ BIOLOGIQUE DES BIOCOENOSES AQUATIQUES ET QUELQUES PROBLÈMES D'ÉCOLOGIE CHIMIQUE

S. A. Patin

RÉSUMÉ

L'article étudie les tendances principales des recherches hydrobiologiques et halieutiques liées à l'utilisation des microéléments en tant que facteur écologique dans le milieu aquatique. L'attention est surtout portée à la perspective de l'élaboration des méthodes chimiques à l'action orientée sur la nature des premiers niveaux trophiques de l'hydrobiocoenose.

Le nouveau problème est posé devant la science et la pratique halieutiques celui de régionalisation écologo-chimique des eaux de la zone du plateau continental de l'URSS.