

- nolemt, cik bieži nepieciešami monitoringa dati, un nozīmēt atbildīgo par tā realizēšanu;
- izlemt, kurā struktūrvienībā tiks prezentēti monitoringā iegūtie parametri, un kādā veidā tas tiks darīts;
- izstrādāt kārtību, lai uzturētu nemainīgu monitoringa kvalitāti un veiktu rezultātu sistemātisku reģistru.

Monitoringam ir jābūt tik biežam, lai uzņēmums varētu izvērtēt atšķirību dažādos darbības posmos.

No vides aizsardzības pasākumu viedokļa svarīgi ir atrast attiecību starp ražošanas apjomu un piesārņojumu, piemēram, būtu ieteicams aprēķināt nedēļas enerģijas patēriņu uz vienu saražoto produkcijas vienību.

Uzņēmumam jāizstrādā kārtība, lai identificētu un uzturētu vides stāvokļa reģistrāciju. Jāizstrādā noteikta kārtība visas pārvaldības sistēmas modernizēšanai. Parasti uzlabošanas pasākumi tiek veikti vienreiz gadā saskaņā ar pārvaldības apskatu. Uzņēmuma vadībai jāpārskata visa vides pārvaldības sistēma, lai nodrošinātu tās nepārtrauktu efektivitāti. Pārskatam jāatspoguļo vides politikas, mērķu un citu pārvaldības sistēmas elementu maiņas nepieciešamību, kam atbilstoši jābūt dokumentētam.

Jāveic bieži auditi, lai noteiktu, vai vides pārvaldības sistēma atbilst vai neatbilst plānotajai programmai un vai tā atbilstoši ieviesta un realizēta. Uzņēmumam jārada pašam sava vides auditēšanas programma.

Lai veicinātu sabiedrības aktīvu iesaistīšanos vides problēmu risinājumos, ir jānodrošina katra konkrēta darbinieka apgāde ar plašu informāciju par pasākumiem, kādi jāveic uzņēmumā, lai uzlabotu vides kvalitāti, un jāinformē cilvēki par viņu līdzdalību vides problēmu risināšanā.

Ieviešot vides aizsardzības standartus, tiks garantēts vides stāvokļa uzlabojums ilgstošā laika periodā un līdz ar to arī cilvēku dzīves vides uzlabojums, kas samazinās iespējamo risku sabiedrībai un katram indivīdam, ļaus prognozēt iespējamās riska avotus un izstrādāt aizsardzības koncepciju pret potenciālo risku.

Vienlaicīgi tiktu aizsargāti Latvijas patērētāji un apkārtējā vide no bīstamu produktu un pakalpojumu ietekmes, kā arī veicināta starptautiskās tirdzniecības attīstība, tirdzniecības līgumu slēgšana starp atsevišķiem ekonomiskajiem blokiem un Latvijas uzņēmumu iekļaušanās starptautiskajā tirgū.

ИЗМЕНЕНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ ЛУКОМСКОЙ ТЭС

***САМОЙЛЕНКО В.М., ВЕЖНОВЕЦ Г.Г.**

Белорусский государственный университет, географический факультет,
научно-исследовательская лаборатория мониторинга водных ресурсов

* ул. Голубева 28 – 224, Минск, 220116, Беларусь
Т.: 2264885

При проведении экологического мониторинга водных экосистем важное место занимает исследование сообщества планктонных водорослей. Фитопланктон, являясь начальным звеном трофической цепи водоема, первым откликается на изменение условий обитания. Реакция фитопланктона выражается в изменении

видового состава водорослей, характера сезонной сукцессии и в изменении количественных характеристик.

Интерес к изучению экосистемы озера Лукомское обусловлен интенсивным и разноплановым использованием его в хозяйственной деятельности: с 1969 г. является водоемом-охладителем крупнейшей в республике электростанции, источником водоснабжения рыбопитомника; это ценнейший рыбопромысловый водоем, который интенсивно используется в целях рекреации и оздоровления; до недавнего времени на сбросном канале ТЭС функционировало садковое хозяйство. Кроме антропогенного, мощным фактором воздействия на все звенья экосистемы водоема явилось вселение в начале 70-х годов моллюска-фильтратора дрейссены (Ляхнович и др., 1981). С 1972 года, вскоре после пуска ТЭС, на водоеме ведутся гидроэкологические исследования, которые позволили выявить влияние этих факторов на функционирование отдельных звеньев и экосистемы в целом (Каратаев, 1983; Митрахович, 1983; Вежновец, Самойленко, 1995). Было установлено, что процесс антропогенного эвтрофирования, усилившийся после ввода в действие Лукомской ТЭС, был на какое-то время замедлен, и даже наблюдалось деэвтрофирование водоема под влиянием фильтрационной деятельности дрейссены, максимум развития популяции которой пришелся на конец 1970 — начало 1980-х годов (Ляхнович и др., 1987).

Первые сведения об альгофлоре озера Лукомское относятся к 1930-м годам (Акимова, 1936, 1940), с 1972 года, после пуска ТЭС, изучение фитопланктона носит довольно постоянный характер. Всего за весь период исследования в водоеме обнаружено 278 таксонов водорослей. Видовое разнообразие закономерно возрастало от 61 (1930-е годы) до 109 (1989 г.) видов за счет представителей всех отделов. В последнее десятилетие на фоне усиления процесса эвтрофирования намечилось некоторое снижение количества видов — в 1992 г. зарегистрировано 94 таксона. Постоянно наибольшим числом таксонов были представлены зеленые и диатомовые водоросли, на долю которых в настоящее время приходится по 34 % общего количества видов. Среди зеленых преобладают хлорококковые, наиболее типичными являются представители родов *Scenedesmus*, *Pediastrum*, *Oocystis*, *Coelastrum*, а также *Schroederia setigera*, *Coenocystis planktonica*. Значительно разнообразнее стали вольвоксовые, а десмидиевые водоросли, которые в 1930-е годы развивались в заметных количествах, особенно *Staurastrum* sp., утратили свое значение, что может быть результатом увеличения минерализации воды. Несмотря на большое видовое разнообразие, зеленые водоросли обычно не достигают высокой численности, за исключением вольвоксовых (род *Chlamydomonas*), которые часто в массе развиваются в ранне-весенний период, занимая доминирующее положение.

Диатомовые водоросли на протяжении всего периода исследования играли важную роль в фитопланктоне оз. Лукомское. В настоящее время они представлены как истинно планктонными центрическими водорослями, типичными для мезотрофных и слабозэвтрофных озер, так и литоральными и планктобентическими организмами; именно за счет последних увеличилось видовое разнообразие диатомей в последние 20 лет. Развиваясь в водоеме в течение всего года, представители этого отдела весной, в начале лета и осенью занимают доминирующее положение. В 1930-е годы летом в фитопланктоне доминировали, наряду с синезелеными, диатомовые *Aulacosira granulata*, *Tabellaria fenestrata*, *Fragilaria crotonensis*. В летнем планктоне их роль была достаточно высока вплоть до начала 1980-х годов, когда в массе развивались *Asterionella formosa*, *Asterionella*

gracillima, *F. crotonensis*. В последующем диатомеи уступили главенствующую роль синезеленым водорослям.

В последние два десятилетия значительно расширился видовой состав синезеленых за счет появления мелких форм из родов *Merismopedia*, *Gloeocapsa*, *Aphanothese*, *Phormidium*, однако в разряд массовых они, как правило, не входят. Максимум вегетации синезеленых водорослей в оз.Лукомское, как и в водоемах с естественным температурным режимом, приходится на теплое время года; наблюдается постепенное усиление их значения в последние два десятилетия. В разные годы в планктоне преобладали различные виды, чаще других — *Microcystis aeruginosa* и *Microcystis pulverea*, которые доминируют в летнем фитопланктоне и в настоящее время.

В первых работах, посвященных фитопланктону оз.Лукомского, практически отсутствует упоминание о таких отделах водорослей как криптофитовые и золотистые, среди которых много мелких подвижных форм (Акимова, 1936, 1940). Используемая в то время методика концентрации проб с применением «предварительных» фильтров, очевидно, не позволяла учитывать эти организмы. Между тем, представители этих отделов, особенно криптонады, играют заметную роль в сообществе. Типичным представителем криптофитовых является *Rhodomonas pusilla*, который образует высокую численность на протяжении всего вегетационного сезона; в период весеннего максимума он практически постоянно входит в состав доминирующего комплекса; а в июне, когда численность других водорослей резко падает после весеннего максимума, он часто становится единственным доминантом.

Представитель динофитовых водорослей *Ceratium hirundinella* в 1930-е годы был одним из доминантов летнего планктона. Этот вид является хорошим индикатором эвтрофирования (Трифонова, 1990). Однако, в последние десятилетия, когда эвтрофирование водоема усиливается, его численность постоянно снижается. По мнению некоторых исследователей для развития этой водоросли большое значение имеет водообмен; как правило цератиум предпочитает менее проточные водоемы (Heaney et al., 1988). После пуска ТЭС произошло резкое увеличение внутреннего водообмена озера за счет увеличения гидравлической нагрузки под влиянием работы агрегатов ТЭС (Ляхнович и др., 1987). Возможно этот фактор оказывает определенное влияние на развитие данного вида в оз.Лукомское.

Характерной чертой сообщества планктонных водорослей водоема-охладителя является увеличение видового разнообразия золотистых. По данным первых исследований в небольших количествах встречался лишь *Dinobryon sertularia*. В настоящее время в озере насчитывается 23 вида хризомонад. Появление в последние годы мелкоклеточных форм из родов *Chrysococcus*, *Stenokalyx*, *Kephyrion* свидетельствует об усилении эвтрофирования и загрязнения водоема. Представители этого отдела обычно не развиваются в больших количествах, наибольшая их численность приурочена к маю-июню. Из 8 видов эвгленовых ни один не развивается в массовом количестве.

Ход сезонной динамики сообщества фитопланктона водоема-охладителя имеет черты, характерные для водоемов с естественным температурным режимом — наблюдается два максимума численности и биомассы — весенний и летне-осенний. Иногда отмечается два весенних или два летних пика. Весенний максимум в оз.Лукомское может наблюдаться с середины апреля по середину мая. В этот период обычно интенсивно вегетируют холодолюбивые диатомовые водоросли, в качестве субдоминантов выступают криптонады. Среднепогодная численность диатомей в период весеннего максимума составляла 8,8 млн.кл/л. В первой декаде

мая 1987 г. наблюдался второй весенний максимум, который был выше апрельского и характеризовался вспышкой развития зеленой водоросли *Chlamydomonas* sp. (18,4 млн.кл/л). Численность всего планктона была более 20 млн.кл/л, биомасса — 9,1 г/м³. К концу мая после пика диатомовых обычно наступает короткий период массовой вегетации криптофитовых, чаще всего *Rhodomonas pusilla*, число клеток которого в одном литре может достигать 1 млн.

В оз. Лукомское, как и в других водоемах, в июне - первой декаде июля наблюдается резкий спад в развитии водорослей, наступающий после весенней вспышки. Отмечается так называемая стадия "чистой воды". В это время фитопланктон представлен протококковыми, криптофитовыми и диатомовыми, представители двух последних отделов еще удерживают господствующее положение по численности и биомассе, хотя и на более низком уровне. Появляются первые представители синезеленых.

Летний максимум развития фитопланктона в оз. Лукомское, как в остальных белорусских озерах, наблюдается со второй половины июля до конца августа, а при благоприятных погодных условиях — до середины сентября. До начала 1980-х годов он был обусловлен развитием диатомовых водорослей. На их долю приходилось 18-89 % общей численности и 36-90 % общей биомассы. Доминировали *Asterionella formosa*, *A. gracillima*, *F. crotonensis*. Синезеленые в это время составляли от 1 до 50 % общей численности и 1-17 % биомассы. Численность всего сообщества была в пределах 2,0-7,0 млн.кл/л, биомасса — 1,4-5,4 г/м³. «Цветение» воды не отмечалось или было слабым (Михеева и др., 1985).

С начала 1980-х годов и до настоящего времени летний максимум связан с массовым развитием синезеленых водорослей, что свидетельствует об интенсификации процесса эвтрофирования. Чаще всего в массе развиваются *M. aeruginosa* и *M. pulvereae*, наблюдается интенсивное «цветение» воды. Вклад синезеленых в общую численность возрос до 73-96 %, в общую биомассу — до 28-86 %. В 1980-е годы в период «цветения» в поверхностном слое воды число клеток микроцистиса в одном литре не превышало 75,0 млн.кл., в 1990-е годы в отдельных частях водоема оно достигало 284 млн., при средней численности для озера 80,1 млн.кл/л. Иногда, в частности в августе 1984 г., «цветение» воды было вызвано вспышкой развития *G. echinulata*, которая развивалась в 1930-е годы в больших количествах, а затем отмечалась единично. Концентрация этой водоросли в поверхностном горизонте достигала 58,3 млн.кл/л, а в среднем по озеру — 15 млн.кл/л. Максимальная численность фитопланктона в этот период зарегистрирована в начале сентября 1992 г. — 82,8 млн.кл/л. при этом биомасса составила 10,9 г/м³.

Обычно до середины сентября продолжается развитие летнего планктонного комплекса, но интенсивность «цветения» постепенно ослабевает. В отдельные годы даже в октябре еще доминируют синезеленые. В дальнейшем роль диатомовых постепенно усиливается, и к ноябрю они снова господствуют над остальными отделами.

Анализ тенденций изменения фитопланктона оз. Лукомского за многолетний период позволил выделить два этапа в развитии сообщества планктонных водорослей. Первый этап охватывает 1970-е годы сразу после введения в эксплуатацию ТЭС. Как говорилось выше, за несколько лет до пуска электростанции в водоем вселился моллюск-фильтратор дрейссена, популяция которой достигла максимального развития к середине 1970-х годов. Благодаря высокой фильтрационной способности дрейссены в течение нескольких лет в водоеме наблюдался процесс деэвтрофирования (Ляхнович, 1981). На рисунке 1 отражена

тенденция изменения средних за вегетационный сезон численности и биомассы всего фитопланктона и основных отделов за период исследования. Синезеленые водоросли развивались слабо. «Цветение» воды в летний период не наблюдалось. Средневегетационная численность водорослей находилась в диапазоне — от 1,03 до 4,16 млн.кл/л, биомасса — от 1,06 до 4,70 г/м³. Определяющую роль как по численности, так и по биомассе играли диатомовые. Для этого этапа характерно преобладание диатомовых водорослей практически на протяжении всего вегетационного сезона, их средневегетационная биомасса составляла более 60 % биомассы всего сообщества. К концу этого периода наблюдалось постепенное снижение вегетации диатомей и усиление развития синезеленых. По своему трофическому статусу озеро характеризовалось как мезотрофное (Михеева и др., 1985). Столь значительные изменения трофического состояния объясняются фильтрационной деятельностью дрейссены (Ляхнович и др., 1987).

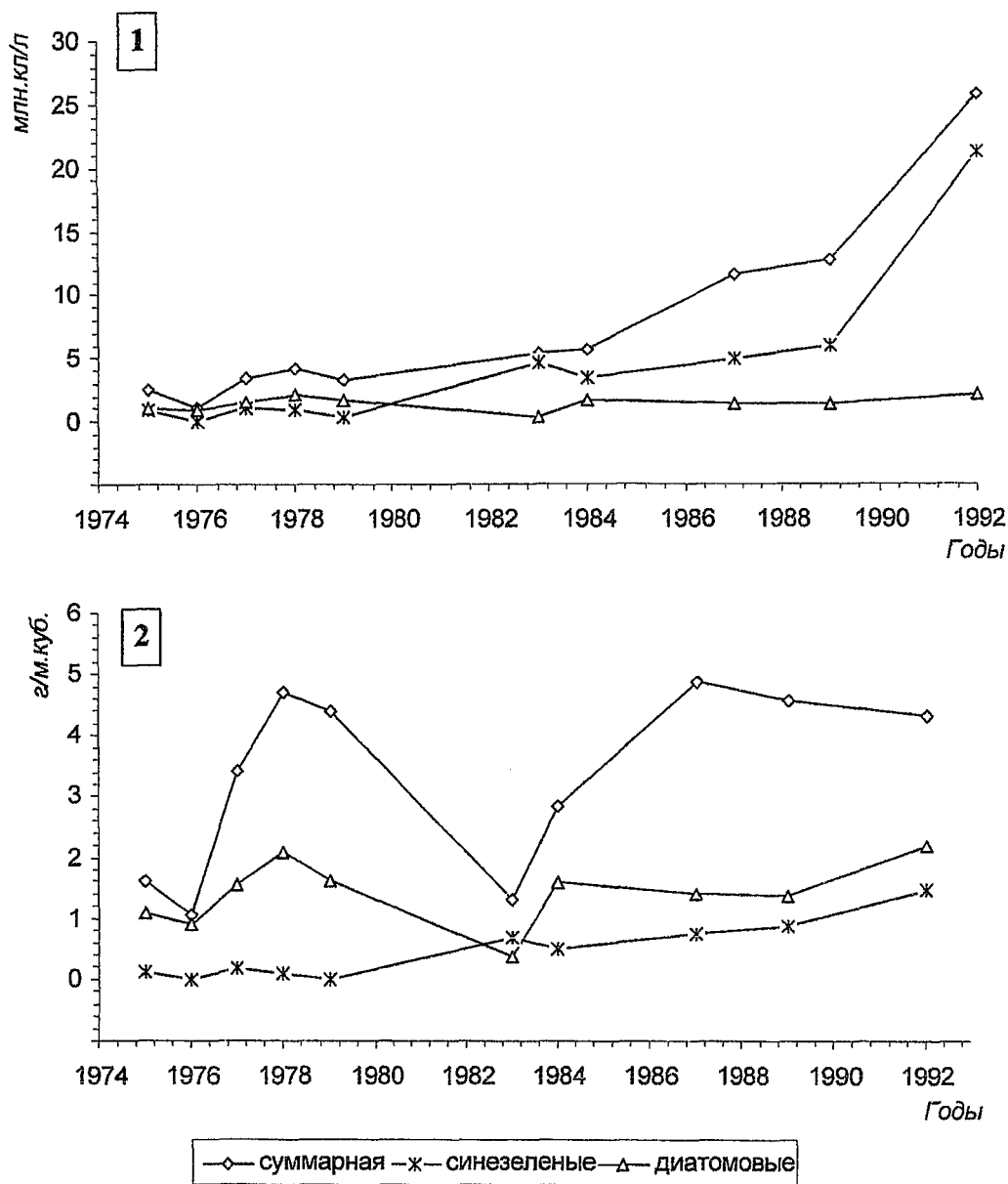


Рис. 1. Многолетняя динамика средневегетационной численности (1) и биомассы (2) фитопланктона водоема-охладителя Лукомской ТЭС.

Второй этап в развитии фитопланктона оз.Лукомское, характеризующийся интенсификацией процесса эвтрофирования, начался с 1980-х годов. Как следует из рисунка, происходит усиление роли синезеленых водорослей, интенсивное развитие которых ежегодно в конце июля – начале августа вызывает «цветение» воды. Рост численности мелкоклеточных синезеленых водорослей привел к увеличению средневегетационной численности фитопланктона, которая в 1980-90-е годы была в пределах 5,28-25,93 млн.кл/л, что в среднем почти в 4 раза выше, чем в 1970-е годы. Столь существенного увеличения общей биомассы водорослей при сравнении этих периодов не отмечено: общая биомасса возросла в 1,7 раза из-за небольшого индивидуального веса синезеленых водорослей. Доля диатомовых в общей биомассе водорослей сократилась.

Сравнение таксономического разнообразия водорослей в зоне подогрева и на акватории с естественным температурным режимом показало, что повышение температуры воды в оз. Лукомское (зона подогрева на 1°С составляет 9% акватории водоема) практически не оказывает влияния на видовой состав фитопланктона и количественные показатели фитопланктона данного водоема, поскольку зона подогрева на составляет 9 % площади водоема. В 1970-е годы, когда в планктоне преобладали диатомеи, различия в количественных показателях подогреваемой и контрольной зон не отмечено. Средневегетационная биомасса водорослей на контрольной станции была в пределах 1,2-2,9 г/м³, в зоне подогрева — 1,0-2,9 г/м³. С начала 1980-х годов, при снижении роли диатомовых и преобладании синезеленых, различия в развитии фитопланктона в разных температурных зонах стали более заметными. Численность и биомасса водорослей постоянно были выше в зоне с естественным температурным режимом. Более интенсивное развитие водорослей под влиянием подогрева отмечалось только весной и поздней осенью. Средняя за вегетационный период биомасса в зоне подогрева составила 0,9-1,8 г/м³, на контроле — 2,1-3,8 г/м³. Наиболее заметны различия в развитии водорослей разных зон в период летнего максимума, когда численность водорослей на подогреве в 3-9 раз ниже, чем на остальной акватории.

Исследования, проведенные в подводящем и сбросном каналах ТЭС, позволили оценить степень влияния агрегатов электростанции на состояние фитопланктона, который подвергается не только температурному, но и механическому воздействию. Установлено, что потери фитопланктона непосредственно в агрегатах ТЭС могут достигать 50 – 95 % общей численности. Особенно уязвимыми оказались синезеленые, диатомовые, золотистые водоросли.

Таким образом, многолетние исследования экосистемы оз. Лукомское показали, что при проведении экологического мониторинга на водоеме, фитопланктон является хорошим индикатором изменения функционирования экосистемы под влиянием различных факторов. Было установлено, что после непродолжительного периода улучшения качества воды, связанного с деятельностью популяции дрейссены, процесс антропогенного эвтрофирования водоема нарастает, о чем свидетельствуют рост численности и биомассы фитопланктона при усилении роли синезеленых водорослей, увеличение числа мелкоклеточных форм, изменения в комплексе доминантов. Этот вывод подтверждают результаты исследования других гидробиологических и гидрохимических параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Heaney S.I., Lund J.W.G., Canter H., Gray K., 1988, "Population dynamics of *Ceratium* spp. in three English lakes 1945-1985", *Hydrobiologia*, 161, pp. 133-148.
2. Акимова О.Д., 1940, «К флоре озер Белоруссии. Озера Лукомль, Езерице, Красное Полесье», *Тр. Витебского государственного педагогического института им. С.М.Кирова*, 2, с.20-23.
3. Акимова О.Д., 1936, «К флоре озер Белоруссии», *Ученые записки химического и биологического факультета БГУ*, 28, с.129-175.
4. Вежновец, Г.Г., Самойленко В.М., 1995, «Фитопланктон оз.Лукомского – охладителя ТЭС», *Вестник Белорусского университета*, сер.2, 2, с.56-59.
5. Каратаев А.Ю., 1983, «Макрзообентос водоема-охладителя ТЭС оз.Лукомского», *Итоги и перспективы гидробиологических исследований в Белоруссии*, Мат. Сес. Белорус. отд. Всесоюз. гидробиол. о-ва, Минск, с.98-102.
6. Ляхнович В.П., Каратаев А.Ю., Митрахович П.А., Гурьянова Л.В., Вежновец Г.Г., 1987, «Продуктивность и перспективы использования экосистемы озера Лукомского – водоема-охладителя ТЭС», *Экология*, 5, с.43-48.
7. Ляхнович В.П., Каратаев А.Ю., Митрахович П.А., 1981, « Влияние популяции *Dreissena polymorpha* на экосистему эвтрофного озера», Тез. докл. 4-го съезда ВГБО, Киев, Т.4, с.35-36.
8. Митрахович П.А., 1983, «Влияние ТЭС на зоопланктон водоема-охладителя (оз. Лукомское)», *История озер в СССР*, 6 Всесоюзн. совещ., Тез. докл. Таллин, 1, с.140-141.
9. Михеева Т.М., Горельшева З.И., Хлынина В.Д., 1985, «Фитопланктонное сообщество озера Лукомль в его эвтрофном состоянии и на стадии мезотрофикации», *Круговорот вещества и энергии в водоемах. Элементы биотического круговорота*, Тез. докл. 5-го Всес. лимнологич. совещ., Иркутск, с. 61-62.
10. Трифонова И.С., 1990, «Экология и сукцессия озерного фитопланктона», (Ленинград).

USING INFLUENCE DIAGRAMS IN MULTIPLE CRITERIA DECISION MAKING TASKS

CLARA SAVCHENKO
Technical University of Riga

The paper presents investigation into the solution of multiple criteria decision making problems. Influence diagrams can be used as a formal model of decision making under risk.

The use of influence diagrams in multiply criteria decision making is based on the next reasons: