

УДД 504.4.06(1/9)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЫБОРА ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЗЕР КАБАН г. КАЗАНИ

© Л.Л. Фролова, Н.М. Мингазова

Frolova L.L., Mingazova N.M. Comparative Analysis of Restoration Technologies to Be Chosen for Lakes Kaban of Kazan. A comparative Analysis of two technologies, i.e. the ecologist-expert and the expert system "STAN", is undertaken.

Одной из актуальных экологических проблем является оздоровление окружающей среды и, в частности, восстановление загрязненных водоемов. Традиционно мероприятия по восстановлению водоемов рекомендуются экспертным путем на основе данных по состоянию водоемов. В лаборатории оптимизации водных экосистем экологического факультета Казанского госуниверситета разрабатываются различные подходы к решению проблемы выбора методов восстановления, начиная от методов экспертных оценок и кончая созданием специализированной экспертной системы по выбору технологий.

Целью настоящей работы является проведение сравнительного анализа выбора восстановительных технологий для озер Кабан г. Казани между мероприятиями, выбранными экспертами (специалистами-экологами) и мероприятиями, выбираемыми разработанной экспертной системой "СТАН" на основе нечетких множеств.

Система озер Кабан состоит из трех озер: Нижний Кабан, Средний Кабан, Верхний Кабан и расположена в черте г. Казани. В соответствии с ГОСТ 17.1.1.02-77 по морфометрическим признакам водоемы относятся к категории малых и средних озер с температурным режимом, соответствующим умеренным широтам. Система озер Кабан находится в центре миллионного города и испытывает сильное антропогенное воздействие. Озера Нижний Кабан, Средний Кабан и Верхний Кабан отличаются по качеству воды. Эти отличия связаны с различным антропогенным воздействием на озера. Наиболее загрязненными являются озера Нижний Кабан и Средний Кабан. Озеро Верхний Кабан характеризуется как умеренно загрязненное. В 1981 г. озера Нижний Кабан и Средний Кабан были предельно загрязнены, в связи с чем городскими органами было принято решение по восстановлению озер.

Выбор технологии восстановления водоемов является сложной задачей. Под технологией восстановления водоемов понимается совокуп-

ность мероприятий и методов, проводимых на водоеме, направленных на качественное изменение его состояния. В 1981 г. группой экспертов-экологов был предложен ряд технологий восстановления водоемов на основе показателей экологического состояния водоемов, который был реализован в период с 1981 по 1994 гг.:

- 1981 - 1984 - прекращение сброса промышленных; канализованные и отведение части хозяйственно-фекальных стоков;
- 1982 - создание временной проточности; кратковременная аэрация;
- 1984 - 1987 - изъятие донных отложений (Нижний Кабан);
- 1988 - 1994 - изъятие донных отложений (Средний Кабан).

В таблицах 1-2 приведены технологии восстановления водоемов, выбранные группой экспертов-экологов и их влияние на показатели состояния водоемов (по усредненным показателям вегетационного сезона).

Таблица 1.

Влияние восстановительных технологий
на показатели состояния озера Нижний Кабан

Показатели состояния водоема	Аэра- ция, про- точ- ность		Изме- нение пока- зате- ля за 1983 г.		Изъят- ие дон- ных отло- жений		Изменение показателя за 1988 г.
	1981	1983	1981	1988	1981	1983	1994
Прозрачность	0,37	0,5	0,13	0,73	0,36	0,23	0,3
O ₂ (у дна)	0	82	82	76	76	-6	20
Биомасса фито- планктона	0,14			0,19	1,64		1,7
NH ₄ ⁺	15,34	0,3	-15,04	1,98	-13,3	1,68	0,47
NO ₂ ⁻	0	0,01	0,01	2,18	2,18	2,17	0,25
NO ₃ ⁻	1,1	0	-1,1	0,24	-0,86	0,24	56,7
PO ₄ ³⁻	0,13			0,48	0,34		0,62
Нефтепродукты	2,32						0,06
СПАВ	0,95						0,07

Таблица 2.

Влияние восстановительных технологий на показатели состояния озера Средний Кабан

Показатели состояния водоема	Аэрация, проточность		Изменение показателя за 1983 к	Изъятие донных отложений		Изменение показателя за 1988 к		
	1981	1983	1981	1988	1994	1981	1983	1988
Прозрачность	0,44	0,77	0,33	0,73	0,87	0,43	0,1	0,14
O ₂ (у дна)	84	91	7	89	29	-55	-62	-60
Биомасса фитопланктона	0,49				1,1	1,51		0,61
NH ₄ ⁺	5,53	0,4	-5,49	0,75	0,16	-5,37	0,24	-0,59
NO ₂ ⁻	0,16	0,01	0,15	0,14	0,13	-0,03	0,12	-0,01
NO ₃ ⁻	1,35	0,1	-1,25	2,81	40,2	38,85	40,1	37,39
PO ₄ ³⁻	0,02			0,04	0,33		0,30	0,29
Нефтепродукты	1,84				0,03	-1,81		
СПАВ	1,18				0,006	-1,174		

По озеру Верхний Кабан усредненные показатели состояния водоема за вегетационный сезон 1994 г. имели следующие значения: прозрачность - 0,82 м, содержание растворенного кислорода у дна - 16 %, биомасса фитопланктона - 0,87 мг/л NH₄⁺ - 0,17 мг/л, NO₂⁻ - 0,05 мг/л, NO₃⁻ - 30,2 мг/л, PO₄³⁻ - 0,31 мг/л.

Сравнительный анализ по оценке экологического состояния за 1981-1994 гг. показывает, что в 1982-1983 гг. для озера Нижний Кабан и Средний Кабан отмечалось улучшение качества воды после первого этапа применения технологий восстановления. При этом изменение показателей состояния водоема соответствует выбранным первоначально и реализованным технологиям восстановления. Таким образом, выбранные экспертами-экологами технологии улучшают качество воды и, следовательно, применение их эффективно. Дальнейшее улучшение состояния водоемов не происходило, так как в последующие годы проводилась только очистка дна, а не все рекомендованные экспертами мероприятия. Таким образом, выбор технологии восстановления водоемов постоянно нуждается в корректировке и, следовательно, нужна система, отслеживающая изменение показателей состояния водоемов.

Как показывают таблицы 1-2, при выборе технологий были учтены показатели состояния водоемов, оказывающие наиболее отрицательное влияние на качество воды. Не все показатели принимались в расчет и, следовательно, участвовали при выборе технологии. Анализ большого количества показателей и технологий - процесс трудоемкий и требует, как правило, использования вычислительной техники. Экспертная система "СТАН" на персональном компьютере позволяет решить эту проблему.

Разработанная на основе закономерностей применения восстановительных технологий на средних и малых водоемах умеренных широт, экспертная система дает рекомендации по оздоровлению озер, учитывая 14 показателей состояния водоема и 10 восстановительных технологий. К показателям состояния водоемов относятся: средняя глубина водоема, толщина донных отложений, площадь зарастания водоема, прозрачность, биомасса фитопланктона, содержание взвешенных веществ, растворенного кислорода, аммонийного азота, нитритов, нитратов, ортофосфатов, нефтепродуктов, фенолов, СПАВ. Из восстановительных технологий рассматриваются аэрация воды, создание биоплато из высших водных растений, создание биоплато из моллюсков, изъятие биомассы водорослей, отвод воды из гипolimниона, осаждение фосфора, создание проточности или усиление водообмена, удаление донных отложений, применение методов химической борьбы с сине-зелеными водорослями, экранирование донных отложений. Сравнительный анализ выбора технологии восстановления озер Кабан экспертами-экологами и экспертной системой приведен в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что экспертной системой по данным на 1981 г. выбраны те же технологии восстановления, что и предложенные реально комиссией экспертов-экологов (аэрация, проточность, удаление донных отложений),

Таблица 3.

Выбор технологии восстановления озер Кабан состоянию водоемов по годам

Технология	Н.Кабан		С.Кабан		В.Кабан
	1981	1994	1981	1994	1994
Аэрация воды	+++	++	+++	++	++
Биоплато из моллюсков	+	++	+	++	++
Биоплато из высших растений	+	++	+	++	++
Изъятие биомассы водорослей					
Осаждение фосфора		+		+	+
Отвод воды из гипolimниона	+	+	+	+	+
Экранирование донных отложений	+++		++	+++	++
Удаление донных отложений	+++		++	+++	++
Химические методы борьбы с сине-зелеными водорослями		+			
Создание проточности	+++	++	+++	++	++

Примечание: "+" - технологии, выбранные экспертной системой, "++" - технологии, выбранные экспертной системой и экспертом-экологом, "+++ " указывает на реализацию технологии; "++-" указывает на то, что технология не была реализована.

а также несколько дополнительных технологий: отвод воды из гипolimниона, экранирование донных отложений, создание биоплато из высших водных растений и моллюсков. Отвод воды из гипolimниона, направленный на удаление загрязнения придонных вод, можно считать дополнительным к технологии аэрации, так как в обоих случаях повышается содержание растворенного кислорода. Экранирование донных отложений и создание биоплато из высших водных растений и моллюсков являются мероприятиями, направленными на стабилизацию состояния водоема в дальнейшем, что и подтвердилось рекомендациями экологов в 1994 г.

Таким образом, предложенные экспертной системой рекомендации по восстановлению водоемов совпадают с мнением экспертов-экологов, а также дают дополнительные технологии, направленные на поддержание и стабилизацию экологического состояния водоема. Следовательно, применение технологий восстановления, выбранных экспертной системой, эффективно.

Таким образом, использование экспертной системы позволяет пользователю, который не является специалистом в данной области, получить квалифицированный совет, а специалисту-экологу обратиться к экспертной системе либо с целью ускорения процесса получения

результата, либо для того, чтобы возложить на экспертную систему рутинную работу и не "упустить" некоторых возможных дополнительных мероприятий.

В настоящее время вследствие продолжающегося значительного антропогенного воздействия состояние озер Кабан неблагоприятно и неустойчиво. Все водоемы системы озер Кабан нуждаются в применении восстановительных технологий. Ввиду этого с 1992 г. в Центральном территориальном управлении (ЦТУ) Минприроды Республики Татарстан обсуждается вопрос о необходимости разработки нового проекта оздоровления озер Кабан. Предложенный способ выбора технологии восстановления водоемов, реализованный на персональном компьютере в виде экспертной системы, может быть использован ЦТУ при разработке нового проекта восстановления озер Кабан. Учитывая, что озера Кабан являются достаточно типичными пресноводными озерами умеренных широт, данный способ выбора технологии может быть использован и другими природоохранными органами и проектными организациями для определения стратегии восстановления пресноводных водоемов.

Поступила в редакцию 4 июня 1996 г.