
БИОЛОГИЯ

УДК 574.5.08

КАРТИРОВАНИЕ АКВАТОРИЙ ВОДОЕМОВ КАК МЕТОД ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

А.Г. Рогозин, С.В. Гаврилкина, А.В. Перескоков, Л.В. Снитько

e-mail: rogozin@ilmeny.ac.ru

Ильменский государственный заповедник УрО РАН, г. Миасс, Россия

Статья поступила 24 мая 2003 г.

Введение

Экологическое картирование является одним из эффективных инструментов изучения экосистем. Особое значение оно приобретает при изучении водоемов, внешне представляющих более однородными объектами, чем наземные экосистемы. Последнее обстоятельство часто приводит к поверхностному и фрагментарному подходу при их исследовании, не позволяющему выявлять локальные особенности в разных частях акватории, регистрировать пространственно незначительные антропогенные нарушения. Между тем пространственная неоднородность — функциональная характеристика водной экосистемы, а не результат случайных процессов, которые можно игнорировать (см., например, [6]). Постоянство и устойчивость локальных флуктуаций абиотических факторов в водоемах убедительно показаны в ряде работ [3, 4 и др.], так же, как и важность их учета в экологическом моделировании [5] и в стратегии отбора проб [7]. Статистически достоверная неоднородность распределения водной биоты, устойчивая агрегированность планктона также подтверждены неоднократно [1—3, 7 и др.].

Хорологическая неоднородность водной среды, выражающаяся системой пространственных автокорреляций графически может быть представлена набором карт, отражающих распределение изучаемых факторов по акватории на момент наблюдений в виде системы изолиний, построенных тем или иным методом интерполяции на основе точечных оценок, полученных путем натурных измерений на стационарных пунктах наблюдений (станциях).

В данной работе нас, прежде всего, интересовало, значение картирования как метода экологического мониторинга водоемов. Знание пространственного распределения исследуемых параметров водной среды позволяет использовать обоснованную стратегию отбора проб при ведении экологического мониторинга. Показателем качества мониторинга служит, помимо эффективности, также его оперативность. Карты пространственного варьирования факторов водной среды могут служить как для выявления небольших пятен загрязнения, так и для определения общего направления привноса и перемещения токсических и биогенных веществ в водоеме. Помимо названных преимуществ, картирование акваторий обладает также большой наглядностью, что позволяет принимать более быстрые и объективные решения для предотвращения локальных экологических катастроф.

Данная работа иллюстрирует применение метода картирования акваторий для оценки экологического состояния одного из водоемов Челябинской области.

1. Методика исследования

В 2001 г. нами были выполнены исследования Ильменского озера, расположенного вблизи городской черты г. Миасса Челябинской области. Оно находится между подходящими к озеру с юго-запада Чашковскими горами, отрогами Косой горы с востока и Ильменским хребтом,

образующим северные берега. С юго– и северо–востока озеро окружено огромными торфяниками. Общая длина озера 3,4 км при наибольшей ширине в 1,8 км.

Параллельно длинной оси водоема вдоль его северо–восточного побережья, на незначительном расстоянии от уреза воды (не более 300 м) проходят железная и автомобильная (шоссе) дороги Миасс–Челябинск.

На озере было установлено 12 постоянных станций (на которых дважды в безледный период¹ был проведен отбор гидрохимических и гидробиологических проб. Основное внимание было уделено показателям токсификации и эвтрофирования водоема (концентрация ионов тяжелых металлов и биогенных веществ, развитие фитопланктона).

Для каждого из важнейших индикаторных параметров создана однослойная карта² пространственного распределения по акватории для каждого момента наблюдений. Строились изолинии путем интерполяции методом наименьших квадратов, цветная заливка соответствовала интенсивности проявления наблюдаемого параметра. В дальнейшем полученные графы накладывались на оцифрованную карту акватории соответствующего водоема.

2. Результаты и обсуждение

Для иллюстрации эффективности метода картирования рассмотрим распределение некоторых токсикантов, биогенных веществ и компонентов биоты по акватории Ильменского озера в июле и сентябре (ключевые периоды, существенные для экологического мониторинга водоема).

На рис. 1 показано распределение ионов меди по акватории озера в один из дней июля 2001 г. Наивысшие концентрации меди отмечены вдоль северного и восточного побережий озера, граничащих с железнодорожным полотном (расстояние от уреза воды до насыпи составляет в некоторых местах до 100 м), к центру водоема идет заметное убывание, а наименьшее содержание этого металла отмечено на наибольшем удалении от железной дороги. Выявлено также сезонное постоянство пространственного распределения меди — в сентябре (рис. 1) оно существенно не отличается от июльского, за исключением вдвое большей интенсивности загрязнения (подчеркнем, что подобная картина характерна и для остальных тяжелых металлов).

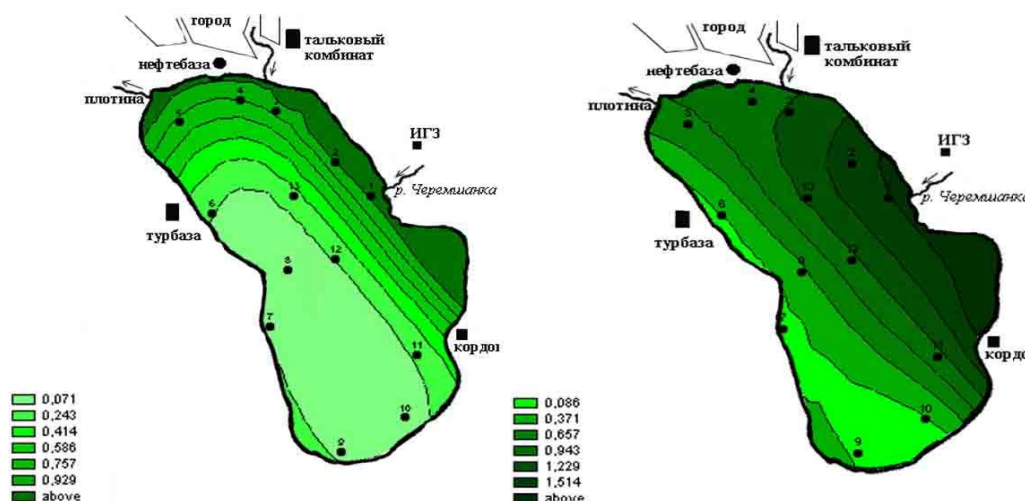


Рис. 1. Распределение ионов меди (Cu^{2+}) по акватории Ильменского озера:

слева — в июле, справа — в сентябре 2001 г. (в долях от ПДК). Здесь и далее точки с цифрами — станции отбора проб

¹ Как показали исследования, более частый отбор проб оказался излишним

² Небольшие глубины озера позволили пренебречь вертикальным распределением изучаемых факторов

Аналогично меди распределяется по акватории и другой тяжелый металл — свинец (рис. 2). Следовательно, постоянным источником поступления меди в водоем является железная дорога, свинца — автомобильная дорога, а наиболее вероятный способ поступления — смыв с полотна и насыпи. Обращаем внимание на то, что зоны превышения ПДК³ по этим элементам достигают середины озера, а наиболее загрязненным является северо-восточное побережье с примыкающим поселком талькового комбината и станции Миасс–1, а также необорудованным городским пляжем.

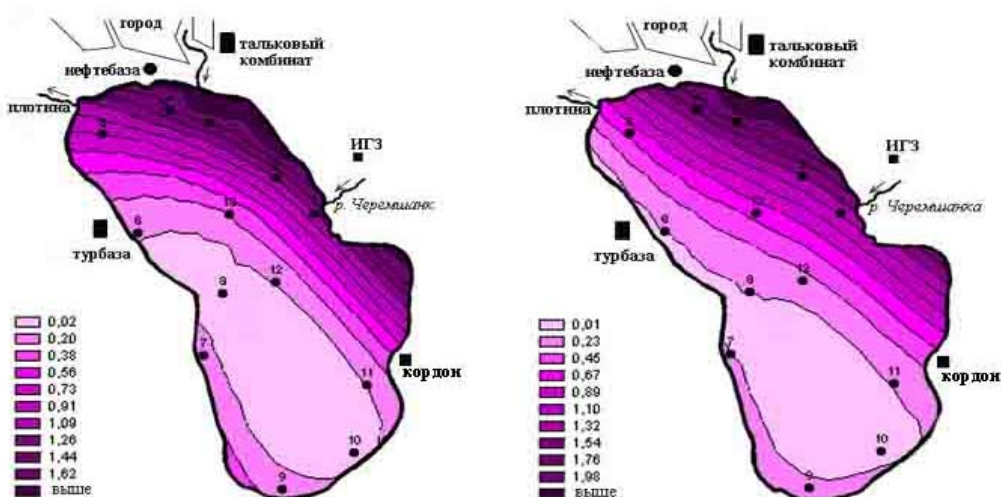
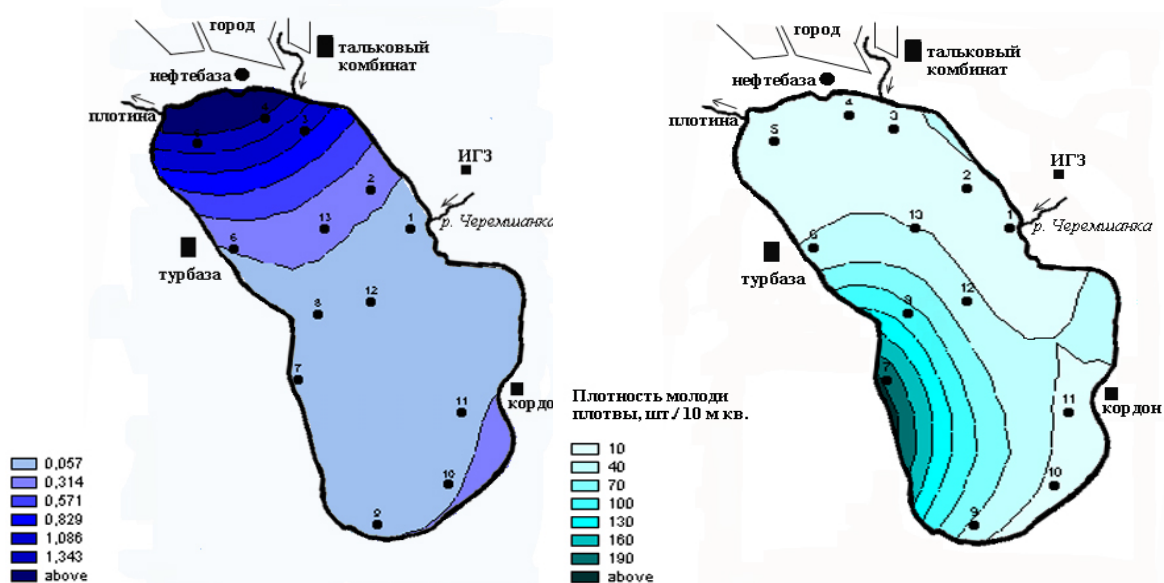


Рис. 2. Распределение свинца (Pb^{2+}) по акватории Ильменского озера:

слева — в июле, справа — в сентябре 2001 г. (в долях от ПДК)

Распределение по акватории ионов цинка также одинаково в июле и сентябре, поэтому на рис. 3 приведена картина сентября. В качестве основного источника поступления цинка выявляются нефтебаза с примыкающей автомобильной дорогой, огибающей северную оконечность озера. Карта наглядно показывает, даже без специальных исследований, что цинк в Ильменском озере имеет техногенное происхождение. Небольшое повышение содержания Zn^{2+} в юго-восточной оконечности водоема можно отнести либо на счет погрешностей интерполяции, либо на незначительный привнос р. Кудряшской цинка естественного происхождения.



³ ПДК даны по СанПиН № 4630 — 88

Рис. 3. Слева: распределение ионов цинка (Zn^{2+}) по акватории Ильменского озера, сентябрь 2001 г. (в долях от ПДК); справа:

распределение плотности молодёжи плотвы по акватории Ильменского озера, июль 2001 г.

В отличие от меди, свинца и цинка, железо в воды Ильменского озера поступает из природного источника — болотного массива в южной и юго-западной частях озера. Это доказывает карта распределения этого элемента (рис. 4). Таким образом, железо в озере естественного происхождения.

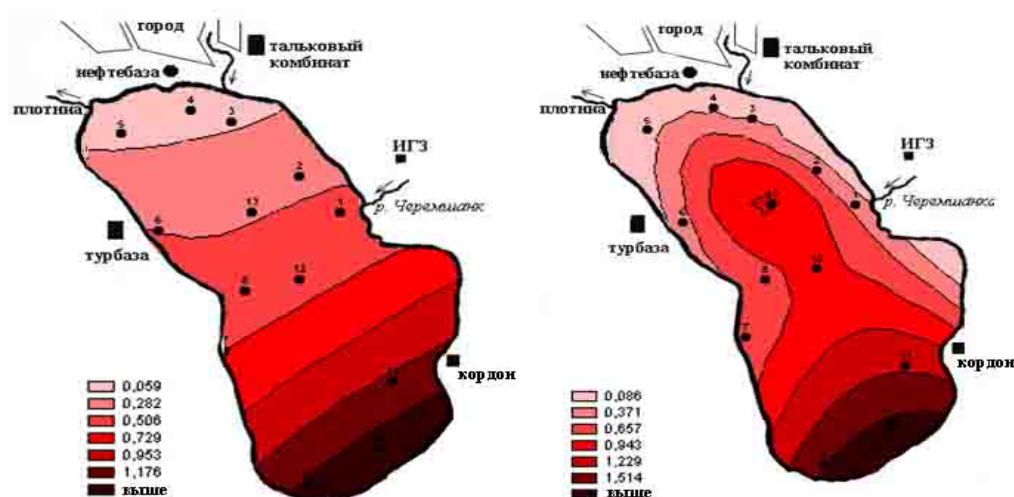


Рис. 4. Распределение растворенного железа по акватории Ильменского озера:

слева — в июле, справа — в сентябре 2001 г. (в долях от ПДК)

Главным эвтрофирующим элементом и одним из основных показателей органического загрязнения вод является содержание растворенного фосфора, главным образом в виде фосфатов и ортофосфатов. Карта распределения фосфора по акватории Ильменского озера показывает источники его поступления. Важнейшими из них является поселки на северном и северо-восточном побережье озера (рис. 5). Кроме того, определенный вклад в разгар летнего сезона вносит и Ильменская турбаза, что доказывается картиной распределения фосфатов в сентябре, когда турбаза прекращает работу. В этот период основное поступление фосфора идет со стороны поселка талькового комбината, причем уровень загрязнения значительно выше, что можно связать с более интенсивным смывом осенними дождями (подобная же ситуация отмечена и для тяжелых металлов, см. выше).

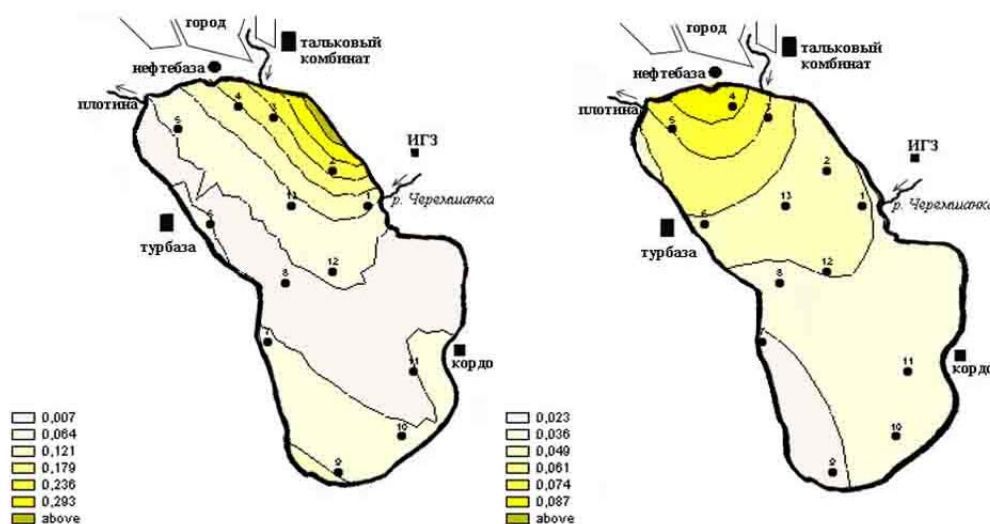


Рис. 5. Распределение фосфатов (мг/л) по акватории Ильменского озера:

слева — в июле, справа — в сентябре 2001 г.

Метод картирования позволяет выявлять также особенности распределения биоты, в частности, рыбопродуктивные зоны водоема. Исследования ихтиопланктона (предличинки и личинки рыб, главным образом верховки и плотвы) показали, что главное и, вероятно, единственное нерестилище расположено в юго-западной оконечности озера, вблизи тростниковых сплавин (рис. 3). На основе карты можно также предположить, что небольшое нерестилище имеется в заливе в восточной части водоема (севернее кордона Ильменского заповедника «Долгие Мосты»). Следует подчеркнуть, что, несмотря на средообразующую функцию сплавин, это не единственные в озере пригодные для молоди рыб местообитания. Сравнение карт распределения биоты и токсикантов (например, рис. 3 с рис. 1—3) показывает, что нерестилища и зоны концентрации ихтиопланктона находятся на максимальном удалении от главных источников техногенной токсификации. Следовательно, результаты картирования наглядно показывают выраженное антропогенное влияние на рыбное население озера.

Заключение

Анализ полученных карт позволил установить высокую разрешающую способность метода картирования для выявления источников внешнего влияния на водоем. Установлено, что главными источниками антропогенного загрязнения озера являются железная и автомобильная дороги Челябинск—Чебаркуль—Миасс, железнодорожная станция Миасс—1, поселки на северных и северо-восточных берегах. Таким образом, метод экологического картирования позволил надежно и наглядно выявить антропогенное воздействие на водоем, установить источники и пути его загрязнения и может быть рекомендован для проведения экологической экспертизы водных объектов.

Работа выполнена при поддержке администрации Челябинской области (грант Челябинского областного конкурса фундаментальных исследований № 04—урчел2001—а).

Список литературы

1. Гиляров А.М., Чекрыжева Т.А., Садчиков А.П. Структура горизонтального распределения планктона в эпилимнионе мезотрофного озера // Гидробиол. ж., 1979. Т. 15. № 4. С. 10—18.
2. Гительзон Н.И., Гранин Н.Г., Левин Л.А., Заворуев В.В. Механизмы формирования и поддержания неоднородностей пространственного распределения фитопланктона озера Байкал // Докл. АН СССР, 1991. Т. 318. № 2. С. 505—508.
3. Bini L.M., Tundisi J.G., Matsumura-Tundisi T., Matheus C.E. Spatial variation of zooplankton groups in a tropical reservoir (Broa Reservoir, São Paulo, State Brazil) // Hydrobiologia, 1997. Vol. 357. P. 89—98.
4. Ford D. E. Reservoir transport processes // Reservoir Limnology: Ecological Perspectives. New York: Wiley Interscience Publication, 1990. Vol. 2. P. 15—41.
5. Hamilton D.P., Hocking G.C., Patterson J.C. Criteria for selection of spatial dimension in the application of one- and two-dimensional water quality models // Mathematics and Computers in Simulation, 1997. Vol. 43. P. 387—393.
6. Legendre P. Spatial autocorrelation: trouble or new paradigm? // Ecology, 1993. Vol. 74. P. 1659—1673.
7. Pinel-Alloul B., Spatial heterogeneity as a multiscale characteristics of zooplankton community // Hydrobiologia, 1995. Vol. 300/301. P. 17—42.